



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CURSO DIRIGIDO AL PERSONAL PROFESIONAL DE FORD MOTOR COMPANY, S.A.

CONTROL DE INVENTARIOS.

- a) Pronósticos de demanda.
- b) Modelos clásicos de control de inventarios.

Prof. Ing. Enrique Galván Arévalo.

Octubre de 1981.



I - INTRODUCCION A LA ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION

- 1. Definición de la Administración de la Producción (o Dirección de la Producción): ésta se refiere a la toma de decisiones relacionadas con los procesos de producción, de modo que los bienes o servicios resultantes se produzcan de acuerdo con las especificaciones, las cantidades y fechas de demanda requeridas y a un costo mínimo.
- 2. La Administración de la Producción nació con la Revolución Industrial (siglo XVIII) y se caracterizó, en aquella época, por el aumento y desarrollo de las actividades de planeación y control, concentrándose principalmente en la planeación y control de la ejecución de tareas u operaciones industriales. Esto representó la aplicación del método científico a la producción.
- 3. En 1776 Adam Smith propuso la división del trabajo y presentó las siguientes ventajas:
  - a) Desarrollo de una habilidad o pericia cuando el obrero se concentra en la ejecución de una sola tarea.
  - b) El ahorro del tiempo que se pierde al pasar de una actividad a otra.
  - c) La invención de máquinas herramientas cuya necesidad se haría evidente debido a la especialización.

Babbage, otro científico de esta época, analizó las ideas de Smith y acrecentó una ventaja:

- d) La separación de operaciones que requieren habilidades diferentes.

4. A partir de 1900, Taylor empezó el estudio sistemático de la producción y debido a él, la Administración de la Producción tuvo un avance extraordinario. La preocupación inicial de Taylor fue pasar parte del poder de decisión de los obreros para los "administradores de la producción". Anteriormente, los obreros determinaban cómo producir una determinada pieza o producto, con base únicamente en su experiencia anterior y en su habilidad. De ellos dependían el tiempo para la ejecución de la operación o actividad y los métodos de trabajo. Además, los obreros tenían la costumbre de esconder su habilidad y experiencia como secretos de su profesión. Taylor cambió completamente esta filosofía y empezó a medir el trabajo. Para él, una actividad cualquiera requiere un tiempo, métodos de trabajo y habilidades que pueden ser científicamente determinados y que no dependen del obrero que la está ejecutando. Y además, los obreros pueden y deben ser entrenados para realizar estos tiempos, métodos y habilidades.

- 5. Uno de los principales problemas surgidos con la aplicación de las ideas de Taylor fue la variación de las actividades. Los tiempos tomados para cualquier tipo de actividad presentaban una variación relativamente grande debido a los siguientes factores:
  - a) Variación de la velocidad de trabajo del operador. Cambios de métodos.
  - b) Variación del contenido de la operación.
  - c) Errores cometidos en la lectura de los cronómetros.
  - d) Otros factores no directamente relacionados con la actividad.

NOTA: La variación debido a la velocidad de trabajo del operador puede ser eliminada (por lo menos teóricamente) a través de la evaluación y corrección de dicha velocidad. Sin embargo, al hacerse esto, un nuevo elemento de variación será introducido, el cual es el siguiente:

- e) Errores cometidos en la evaluación de la velocidad de trabajo del operador.

6. El concepto inicial de Taylor era muy rígido (se determinaba el tiempo de la operación) y sus seguidores tuvieron muchos problemas con las variaciones arriba mencionadas. Un tiempo estándar fijo, en muchos casos no resolvía el problema. El problema creado por dichas variaciones solamente fue resuelto cuando surgió la Teoría de las Probabilidades y la Estadística.
7. Otro problema existente en esta época era que un gran número de variables tenían que ser tomadas en consideración y no se disponía de los métodos adecuados para hacerlo. Se sabía de la necesidad de métodos matemáticos, pero éstos todavía no habían sido desarrollados. Finalmente, después de la segunda Guerra Mundial, aparecieron los métodos de la Investigación de Operaciones, los cuales permiten solucionar problemas con un gran número de variables.
8. La existencia de la Teoría de las Probabilidades, de la Estadística y de los métodos de la Investigación de Operaciones resolvieron solo en parte el problema del gran número de variables, puesto que algunos modelos matemáticos, si fueran resueltos manualmente, exigirían un tiempo extremadamente largo. Fue entonces que surgieron las computadoras digitales.
9. Con el surgimiento de las computadoras fue posible también desarrollar las técnicas de simulación, es decir: el gran número de variables del sistema productivo podían ser medidas en la computadora y ésta "simulaba" el funcionamiento del sistema. Los resultados de esta técnica son excepcionales: la evaluación de proyectos o decisiones puede ser realizada sin el altísimo costo correspondiente a la implantación de la decisión en la práctica.
10. En un futuro no muy lejano, las operaciones globales de las empresas podrán ser simuladas y esto obviamente causará un cambio radical en la Administración de la Producción.
11. La computadora también ha sido utilizada para controlar máquinas herramientas o procesos industriales (éstos principalmente en la industria química). Las máquinas controladas numéricamente pueden ser programadas y todo lo que se tiene que hacer para la ejecución de una determinada pieza u operación, es meter en la máquina la materia prima y las tarjetas del programa. El tiempo de preparación de las máquinas es, por lo tanto, radicalmente reducido. Sin embargo, estas máquinas son todavía muy caras, principalmente las que son capaces de ejecutar formas continuas según una ecuación matemática.
12. Uno de los últimos desarrollos de la Administración de la Producción fue en el campo de la Ingeniería Humana. Los siguientes aspectos son analizados: luz, temperatura, humedad, ruido, diseño de sillas de trabajo, esfuerzo físico, etc. También otros aspectos como enriquecimiento del trabajo y ampliación del trabajo están siendo analizados, principalmente en los países desarrollados, donde los obreros tienen un gran poder a través de sus sindicatos.

#### FASES DEL PROCESO PRODUCTIVO

13. Los sistemas productivos presentan 4 fases principales: diseño del sistema, planeación, ejecución y control. Veamos inicialmente los problemas que tienen que ser analizados para un efectivo diseño del sistema:

#### DISEÑO DEL SISTEMA

4. Inicialmente definamos eficiencia de un sistema productivo. En muchos casos el volumen de producción/hombre-hora es directamente relacionado con la eficiencia del sistema y por lo tanto una economía con elevado volumen de producción/hombre-hora es considerado como eficiente, mientras que una con

baja producción/h.h. es considerada como deficiente. Sin embargo, vale la pena resaltar que la baja producción/h.h. en las economías subdesarrolladas se debe al bajo nivel de automatización y esto es consecuencia principalmente del hecho de que la mano de obra es muy barata en dichas economías. Los sistemas con bajo volumen de producción/h.h. pueden ser igualmente eficientes si tomamos como medida de eficiencia los costos finales de los productos o servicios.

Por lo tanto, los sistemas automatizados solamente pueden ser considerados como más eficientes si la definición de eficiencia está directamente relacionada con el volumen de producción/h.h., puesto que aunque el nivel de automatización de dichos sistemas sea mayor, sus costos finales podrán ser mayores, iguales o menores que los costos correspondientes a los sistemas con un menor grado de automatización.

El diseño del sistema tiene que ser llevado a cabo tomándose en consideración todos estos factores, de modo a obtenerse un costo mínimo o una producción máxima/h.h. según las condiciones lo requieran. Como hemos dicho anteriormente, el costo mínimo será obtenido en las economías desarrolladas a través de mucha automatización y en las economías subdesarrolladas a través de poca automatización.

15. Otro aspecto que vale la pena resaltar es que en una economía subdesarrollada, la solución para aumentar el volumen de producción de una unidad industrial puede no ser la automatización y sí un simple aumento de la capacidad productiva, manteniéndose las mismas características productivas del sistema (por ejemplo: la relación entre el costo de depreciación de la maquinaria y el costo de la mano de obra directa).
16. Un sistema que utiliza mucha mano de obra es generalmente más flexible en cuanto al volumen de producción y a la diversificación, que los sistemas automatizados, cuyas máquinas son especializadas en unos pocos productos y además se requiere un volumen de producción fijo mínimo para permitir una depreciación adecuada.

#### PLANEACION, EJECUCION Y CONTROL

17. Después de diseñado el sistema, su eficiencia dependerá exclusivamente de las actividades de:

- a) Planeación
- b) Ejecución
- c) Control

Y para que todas estas actividades puedan ser llevadas a cabo eficientemente se necesitará:

- d) Un eficiente sistema de información.
18. Las decisiones óptimas tomadas en estas 4 áreas en cuanto a cambios de demanda, nivel de los inventarios, programas de producción, calidad, innovaciones de productos o maquinarias, etc, dependerá básicamente de los objetivos de la empresa. Ejemplos: (a) Cuando hay mucha competencia, el mejor sistema de planeación probablemente será aquél que permita una minimización de los costos. Sin embargo, si hay escasez, el mejor sistema será aquél que proporcione el máximo volumen de producción, aunque esto implique una ligera elevación de los costos. (b) Si los objetivos son minimizar rotación del personal y no perder ningún cliente, la solución podrá ser mantener un elevado nivel de inventarios o subcontratar cuando la demanda sea alta. Sin embargo, si el objetivo es alta rotación y un mínimo de inventarios, la solución sería la contratación/despidos de obreros y la subcontratación de otros fabricantes.

19. Veamos ahora algunas decisiones relacionadas con cada una de las fases de los sistemas productivos:

a) Decisiones a largo plazo relacionadas con el diseño del sistema:

- Selección de equipo y procesos
- Diseño de los productos
- Planeación de tareas
- Localización del sistema
- Localización de instalaciones

b) Decisiones relacionadas con la fase de planeación:

- Programación de la producción
- Determinación de los tamaños óptimos de los lotes de fabricación y de los inventarios
- Plan de mantenimiento preventivo.

c) Decisiones relacionadas con la fase de ejecución:

- Todos los detalles que no pueden ser tomados en consideración en la fase de planeación (ejemplo: distribución del trabajo entre ayudantes).
- Política a ser empleada en cuanto al control de los obreros
- Inicio propiamente dicho del proceso de fabricación.

d) Decisiones relacionadas con la fase de control:

- Control de producción
- Control de inventarios
- Control de calidad
- Control de la productividad del personal y de la maquinaria
- Control de costos
- Mantenimiento correctivo.

e) Decisiones relacionadas con el diseño del sistema de información:

- Que información será necesaria para planear, ejecutar y controlar.
- Que periodicidad y a quien debe de ser dirigida.
- Que precisión.

#### CARACTERISTICAS ACTUALES DE LA DIRECCION DE LA PRODUCCION

20. Antiguamente los conocimientos adquiridos en la práctica eran enseñados en las universidades. Ahora (y en el futuro), la teoría se ha desarrollado tanto que ésta es enseñada en las universidades y al mismo tiempo conduce a nuevas prácticas.

21. Otro aspecto importante es que, a pesar de la existencia de técnicas bastante diferentes y en algunos casos bastante sofisticadas, los principios y objetivos de la Administración de la Producción pueden ser igualmente aplicados a empresas grandes, pequeñas o medianas. Veamos un ejemplo del uso de técnicas diferentes: en una gran empresa una sofisticada computadora podrá ser utilizada para simular todo o una parte del proceso productivo y consecuentemente optimizar el nivel de los inventarios, secuencias de fabricación, mezcla de productos, etc. En una empresa pequeña, para lograr los mismos objetivos, probablemente sólo métodos manuales o gráficos serán empleados. Obviamente, una empresa pequeña no podrá rentar una computadora sofisticada para simular su proceso productivo, sin embargo esto no debe ser considerado como una desventaja para las empresas pequeñas puesto que, antes que nada, debido al bajo nivel de complejidad con que operan estas empresas, difícilmente se justificaría la utilización de una computadora.

## CARACTERISTICAS ACTUALES DE LA SOCIEDAD INDUSTRIAL

22. Las características actuales de la sociedad industrial son las siguientes:

- a) Mayor automatización (menos mano de obra directa).
- b) Decisiones sustituidas por reglas automáticas.
- c) Sistemas o máquinas controladas numéricamente o por computadores.
- d) Mayor diversificación de productos. Productos de vida más corta.
- e) Actividades de los sistemas productivos más enfocadas a satisfacer los gustos y necesidades de los clientes.
- f) Mayor aplicación de técnicas que permitan una mayor satisfacción por parte de los obreros y empleados (Ergonomía, enriquecimiento del trabajo, administración por objetivos, administración participativa, etc).
- g) Cambios de tecnología más frecuentes.

Aunque los sistemas actuales estén cada día más automatizados, debe resaltarse que todavía hay que diseñar el sistema, definir los equipos que serán controlados automáticamente y diseñar un eficiente sistema de información.

23. Vale la pena discutir un poco más el problema de la diversificación de productos. Esta diversificación generalmente requiere un mayor número de máquinas diferentes y por lo tanto, con el aumento del número de productos diferentes y también del número de máquinas, el número de soluciones alternativas para la fabricación de los productos aumenta de una forma increíble y consecuentemente las actividades de planeación y control de la producción resultan complicadísimas. Tomemos el ejemplo que se menciona en el capítulo final de estos apuntes; si tenemos 2 productos y 2 máquinas disponibles y si cada producto requiere de una operación en cada máquina, el número total de secuencias diferentes para la fabricación de dichos productos sería igual a 4. Si, por otro lado, tuviéramos 6 productos y 5 máquinas, el número de secuencias diferentes ya sería igual a 293,000,000,000,000.

### TIPOS DE SISTEMAS PRODUCTIVOS

24. Hay básicamente 2 tipos de sistemas productivos:

- a) Sistemas de producción en masa (sistemas continuos).
- b) Sistemas intermitentes.

Los sistemas continuos son aquéllos en los cuales las instalaciones, los productos y los flujos de los productos son estándares. Estos sistemas en la práctica están representados por las líneas de ensamble y de producción, operaciones químicas de flujo continuo, etc. Las principales características de estos sistemas son:

- a) Poca diversificación. Productos que son requeridos por la sociedad en grandes cantidades.
- b) Insumos estandarizados.
- c) Mucha automatización debido a la estandarización.
- d) Máquinas generalmente distribuidas en líneas. Layout por producto.
- e) Instalaciones no flexibles.
- f) Debido a la automatización, la inversión en maquinaria y equipo es bastante elevada en relación a la inversión total, y por lo tanto este tipo de sistema solo es conveniente para productos de vida larga o que presenten cambios de diseño que puedan ser fácilmente introducidos en las líneas de producción o ensamble.

- g) Planeación y Control de la Producción sencilla debido al reducido número de variables: hay pocos productos y además las líneas de producción pueden ser consideradas como una sola máquina (una sola variable).
- h) Es de gran importancia la actividad "balanceo de líneas".
- i) Sistema de transporte automatizado y no flexible.
- j) Pocos inventarios entre una operación y otra.
- k) Hay inventarios de productos terminados debido a la vida de los productos y a la estandarización.
- l) Costos unitarios de producción más bajos.
- m) Sistema de distribución de etapas múltiples (mayoristas y minoristas).
- n) El mantenimiento preventivo es muy importante puesto que cuando se para una máquina, generalmente se para toda una línea.
- o) Tiempos de fabricación más cortos.

EJEMPLOS: Fábrica de coches, fábrica de refrescos y cervezas, oficinas con una gran cantidad de trabajos del mismo tipo, etc.

25. Los sistemas intermitentes son aquellos cuyas instalaciones deben ser suficientemente flexibles para manejar una amplia variedad de productos. Sus principales características son:
- a) Mucha diversificación. En general se fabrican productos no requeridos en grandes cantidades por la sociedad.
  - b) Una gran variedad de insumos.
  - c) Distribución de las máquinas bastante compleja, ya que cada producto requiere una secuencia diferente de operaciones. Layout por proceso.
  - d) Instalaciones flexibles.
  - e) Planeación y control de la producción bastante compleja debido al elevado número de variables.
  - f) Costo de la mano de obra directa más elevado que en el caso del sistema continuo.
  - g) Poca automatización.
  - h) Transporte bastante flexible para adaptarse a los diferentes tipos y tamaños de los productos.
  - i) Mayores inventarios entre una operación y otra.
  - j) Tiempos de fabricación mayores.
  - k) Mano de obra directa más calificada.
  - l) Podrá existir inventarios de productos terminados o no. Esto dependerá del tipo de sistema intermitente (véase el punto 27).
26. La parte del sistema de producción en masa que se encarga exclusivamente de la distribución de los productos, es decir, los mayoristas y minoristas, son considerados como sistemas "productivos" aparte y son llamados sistemas de inventario puro.
27. Los sistemas intermitentes cuyos productos tienen una vida relativamente larga, pueden fabricar éstos en corridas de producción que se repiten un determinado número de veces al año. Debido a estas características, este tipo de sistema puede mantener inventarios de productos terminados y son llamados sistemas intermitentes cerrados. Ejemplo: Empresas que fabrican piezas o refacciones para coches.
- Aquellos sistemas intermitentes que reciben órdenes directamente de los clientes y son forzados a fabricar sus productos según las diversas especificaciones de éstos, no pueden mantener inventarios de productos terminados y son llamados sistemas intermitentes abiertos. Ejemplos: Fabricantes de acojinamientos, taller mecánico, hospitales, etc.



28. Hay un tipo especial de sistema intermitente abierto que merece ser analizado separadamente: son los grandes proyectos, como por ejemplo la construcción de edificios, la organización de olimpiadas, la fabricación de grandes calderas, la construcción de plantas industriales, etc. Este tipo de sistema requiere de técnicas especiales de planificación como son PERT, CPM y Ruta Crítica y su principal característica son los largos tiempos de fabricación o realización.
29. Para terminar esta introducción, vale la pena hacer un resumen de los varios tipos diferentes de sistemas productivos:

Sistemas de producción en masa:

- a) Fábricas de producción en masa.
- b) Sistemas de inventario puro (mayoristas, minoristas, etc).

Sistemas intermitentes:

- a) Sistemas intermitentes cerrados.
- b) Sistemas intermitentes abiertos.
- c) Grandes proyectos.

Sistemas que poseen inventarios de productos terminados:

- a) Fábricas de producción en masa.
- b) Sistemas de inventario puro.
- c) Sistemas intermitentes cerrados.

Sistemas que no poseen inventarios de productos terminados:

- a) Sistemas intermitentes abiertos.
- b) Grandes proyectos.

II - PRONOSTICOS DE DEMANDA2.1 INTRODUCCION

Definición: Pronóstico es una previsión para cualquier actividad futura. Se pueden hacer pronósticos sobre la aceptación de un nuevo producto, sobre la demanda futura o sobre otras condiciones que pueden afectar la planeación de la producción. A continuación damos algunos ejemplos de áreas de actividad de la Empresa que dependen directamente de los pronósticos de ventas:

- Volumen de producción
- Nivel de los inventarios
- Presupuestos
- Política de Precios
- Desarrollo del producto
- Ampliación de la planta
- Etc.

Por lo tanto, para una planeación adecuada de las diversas áreas de actividad de cualquier Empresa, es indispensable la realización de -- pronósticos de ventas.

Hay algunas personas que dicen que "los pronósticos son como el clima de Inglaterra: solamente son verdaderos para las próximas 6 horas". Esta frase, aun siendo un poco exagerada, nos sugiere dos cosas realmente importantes:

- a) Los pronósticos serán más y más inciertos a la medida que nos pondremos a pronosticar las ventas de períodos cada vez más lejanos.
- b) Los pronósticos siempre presentarán un determinado grado de incertidumbre; nuestro objetivo no debe ser pronosticar exactamente el volumen de ventas, sino realizar un pronóstico con un error mínimo y evaluar dicho error.

Actualmente, los pronósticos de demanda son casi siempre hechos por -- personas que han recibido entrenamiento en la aplicación de técnicas -- especiales. La utilización de estas técnicas no elimina los errores, pero puede reducir su magnitud. Las técnicas son sólo herramientas -- y es por lo tanto indispensable que en la elaboración de los pronósticos se tomen en consideración las condiciones internas y externas -- a la Empresa.

Por ejemplo:

- a) Si las ventas de las calculadoras mecánicas en los últimos años -- han aumentado en un 10% anual y si en los próximos años seguramente serán introducidas en el mercado las calculadoras electrónicas, sería un error grave no considerar este hecho y pronosticar que es ta tasa de crecimiento se mantendría en el futuro.
- b) Sería igualmente errado no considerar el cambio de presidente en -- México para pronosticar las ventas de maquinarias para la industria, puesto que durante el año anterior al cambio, las inversiones del sector industrial disminuyen mucho.
- c) Análogamente, las ventas de algodón a las fábricas de colchones --

fueron radicalmente afectados por la introducción de la propia Empresa.

- d) Finalmente, sería también un error no considerar la introducción del Renault 5 para predecir las ventas de la VW en el año de 1970 y en los siguientes años.

Otros tipos de información como tendencia de los gustos de los consumidores, desarrollo económico del país, nivel de los salarios, devaluación de la moneda, etc también deben ser tomados en consideración. En algunos casos, información sobre otras industrias similares puede estar disponible. Obviamente, también se deberá tener en cuenta la introducción o la promoción de los productos de la propia Empresa.

En muchos casos, para reducir el grado de incertidumbre de los pronósticos, también pueden llevarse a cabo investigaciones de mercado, sin embargo aun así se debe tener en cuenta que:

- a) La opinión de los consumidores puede cambiar de un día al otro.
- b) Lo que el consumidor piensa puede ser diferente de lo que él realmente hace.
- c) La opinión de los consumidores puede ser cambiada a través de promociones, propaganda, etc.

Los minoristas o mayoristas también pueden ser entrevistados durante la elaboración del pronóstico y éstos son generalmente más objetivos que los vendedores de la propia Empresa. Sin embargo, ellos no disponen ni de motivación, ni de tiempo, ni de las técnicas para hacerlo y por lo tanto sus estimaciones deben ser utilizadas solamente para pronósticos a corto plazo. Por otro lado, también es importante señalar que en la elaboración del pronóstico se deberá tomar en consideración el mayor número posible de opiniones, para compensar el pesimismo y el optimismo individuales de las personas que participan en dicha elaboración.

La complejidad de los pronósticos para productos existentes, productos que reemplazan productos existentes y para productos nuevos, es bastante diferente. En el caso de productos existentes, la información de años o meses anteriores podrá ser usada para predecir la demanda futura. Aun en el caso de productos que reemplazan otros, la información correspondiente a los productos reemplazados podrá ser también utilizada, si éstos son similares a los nuevos productos introducidos en el mercado. Finalmente, en el caso de productos realmente nuevos y totalmente diferentes de los productos existentes, el volumen de información disponible es extremadamente limitado y consecuentemente es difícil la elaboración de un pronóstico realista. Por esto, muchas veces se lleva a cabo una introducción preliminar de los productos para evaluar su aceptación y esta introducción podrá confirmar o rechazar la introducción definitiva del producto. También es importante resaltar que para la introducción de productos nuevos y diferentes, las investigaciones de mercado son particularmente útiles. Estas pueden analizar entre otros factores:

- Localización del consumidor potencial.

- Profesión y salario del consumidor potencial.
- Precios aceptables
- Calidad requerida
- Condiciones generales del mercado.
- Etc.

## 2.2 MÉTODOS PARA LA ELABORACION DE LOS PRONOSTICOS

Antes de describir los principales métodos para la elaboración de pronósticos, es indispensable analizar los diversos tipos de variación que presentan las ventas de las Empresas. Estas variaciones pueden ser:

- a) Variaciones debido a la tendencia. El simple hecho de que las ventas de una Empresa dada estén aumentando o disminuyendo consistentemente conduce a que cada semana, cada mes y cada año el volumen de ventas sea diferente. En estos casos las ventas varían porque hay una tendencia y esta podrá seguir una línea recta, una curva exponencial o cualquier otro tipo de curva. Este tipo de variación no es difícil de predecir.
- b) Variaciones cíclicas. Son aquellas que se repiten periódicamente -- cada determinado número de días, semanas, meses o años. Como ejemplo podemos citar las variaciones que se observan cada 6 años debido al cambio de presidente en México o el aumento de las ventas de las tiendas de autoservicio durante los fines de semana.
- c) Variaciones estacionales. Es un tipo especial de variación cíclica para la cual el ciclo es aproximadamente igual a un año. Por lo tanto las variaciones estacionales se observan siempre en los mismos meses o en las mismas estaciones del año. Es más fácil predecir las variaciones estacionales que las demás variaciones -- cíclicas.
- d) Variaciones aleatorias. Estas son todas las demás variaciones que pueden ser provocadas, por ejemplo, por decisiones de los competidores, condiciones generales de la economía, eventos importantes que puedan afectar las ventas de la Empresa (organización de olimpiadas, construcción de ejes viales, etc), descubrimiento de nuevos productos o tecnologías, devaluación de la moneda, políticas generales del gobierno (impuestos, incentivos, etc), nivel de salarios, tendencia de los gustos de los consumidores, moda, etc.

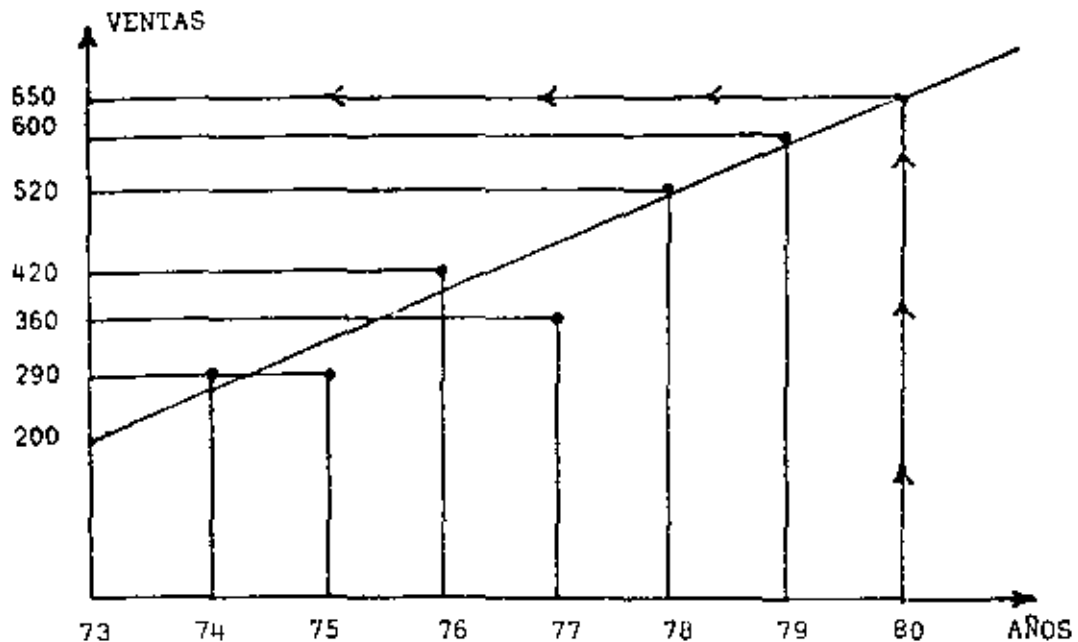
### 2.2.1 METODO GRAFICO

El método gráfico es el más sencillo y rápido y la dificultad de su realización dependerá del número de factores tomados en consideración. Por ejemplo, podemos tomar en cuenta todos los tipos de variación o solamente las variaciones estacionales. A continuación damos un ejemplo en el cual todos los tipos de variación son tomados en cuenta.

Supongamos que las ventas de una Empresa "X" fueron las que se muestran en la Figura 1. La primera etapa del método gráfico consta del ajuste de una línea (recta o no) a los puntos de la gráfica. Este ajuste deberá ser manual y su adecuación dependerá obviamente de la habilidad de la persona que lo ejecuta. Una vez que se tenga determinado esta lí-

nea , que representará la tendencia de las ventas anuales de la Empresa, el pronóstico de ventas para el año siguiente puede ser fácilmente calculado. En nuestro caso, la gráfica nos indica que las ventas del próximo año serán de aproximadamente \$ 650,000.00.

Si no hay ninguna razón especial para que el patrón de crecimiento anual de las ventas no sea constante, podemos suponer que las variaciones de las ventas se deben a las variaciones cíclicas y aleatorias. Por lo tanto, podemos estimar estas variaciones si determinamos la diferencia media entre las ventas reales de la Empresa y las ventas indicadas por la línea . Por ejemplo, para el año 1975 las ventas de la Empresa fueron de \$ 420,000 y las ventas indicadas por la línea recta son de \$ 380,000. Por lo tanto existe una diferencia de \$40,000 que corresponde al 10% de las ventas indicadas por la línea recta. Si calculamos todas estas diferencias, podremos observar que la diferencia media es de un 9.5% y que las diferencias pueden ser positivas o negativas. Si suponemos que



las condiciones generales del mercado y del país serán bastante favorables en el año de 1980, podemos entonces deducir que las ventas para este año serán de  $\$ 650,000 \times 1.095 = \$ 711,750$ .

Finalmente, vamos a suponer también que necesitamos las ventas para el primer trimestre de 1980. En este caso, tendríamos que analizar el comportamiento de las ventas mensuales de los años anteriores y determinar el porcentaje medio que corresponde a los primeros trimestres de cada año. Vamos a suponer que las ventas del primer semestre son generalmente un 20% de las ventas anuales. Por lo tanto, las ventas para el primer trimestre de 1980 serán:  $\$ 711,750 \times 0.20 = \$ 142,350$ .

Una importante etapa en la elaboración de un pronóstico es la elección del método a utilizar. Para ello, es importante determinar pre-

f - A

vizmente la precisión, el costo y el tiempo requeridos para la elaboración del mismo. Por ejemplo, si no se requiere de una gran precisión, el método gráfico sería probablemente el más adecuado. La segunda etapa es la elección de la información en la cual se va a basar el pronóstico. Es importante, en esta etapa, checar si la información disponible no está distorsionada por eventos que no volverán a ocurrir. Por ejemplo, la Empresa podrá deducir que las ventas de algunos de los años anteriores fueron seriamente afectadas por un pésimo sistema de publicidad y que este error seguramente no volverá a ser cometido. Y por lo tanto, en la elaboración del pronóstico para los próximos años, la Empresa tendrá que tener en cuenta este hecho.

### 2.2.2 METODO DE MINIMOS CUADRADOS (RECTA)

Siempre que los datos sugieren una recta para su representación, el método de los mínimos cuadrados podrá ser utilizado para la elaboración de un pronóstico. Este método consta de la determinación de la línea recta que mejor se ajusta a los puntos, es decir, la línea para la cual la suma de los cuadrados de las distancias a los puntos de la gráfica, es mínima. Como sabemos, la ecuación de cualquier línea recta es como la que sigue:

$$Y = a + bX$$

Las ecuaciones que proporcionan los valores de "a" y "b" para la recta de mínimos cuadrados, son las siguientes:

$$a = \frac{\sum x^2 \cdot \sum y - \sum X \cdot \sum XY}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

donde "X" y "Y" son las dos variables del problema, y "N" el nº de puntos.

A continuación damos un ejemplo de como utilizar el método de los mínimos cuadrados:

Supongamos que las ventas de una dada empresa fueron las que se muestran en el cuadro siguiente:

Año	1975	1976	1977	1978	1979
Ventas (\$)	\$108,000	119,000	110,000	122,000	130,000

En este caso la variable "X" será el año y la variable "Y" será el volumen de ventas de la empresa (en pesos). Inicialmente, tenemos que escoger un origen para la variable "X". Esta podrá ser el año cero o cualquier otro año. Si escogemos el origen 1975, la variable "X" tendrá entonces los siguientes valores: 0, 1, 2, 3 y 4, es decir, (1975-1975), (1976-1975), (1977-1975), (1978-1975), (1979-1975).

Si observamos las ecuaciones mencionadas anteriormente, deducimos que necesitamos calcular  $\sum Y$ ,  $\sum X$ ,  $\sum XY$  y  $\sum X^2$ . Es conveniente realizar estos cálculos como se muestra en el cuadro a continuación:

AÑO	Y	X	X <sup>2</sup>	XY	
1975	108	0	0	0	
1976	119	1	1	119	
1977	110	2	4	220	ORIGEN=1975
1978	122	3	9	366	
1979	130	4	16	520	
TOTAL	589	10	30	1225	

Sustituyendo los valores en las ecuaciones, tenemos:

$$a = \frac{30 \times 589 - 10 \times 1225}{5 \times 30 - (10)^2}$$

$$b = \frac{5 \times 1225 - 10 \times 589}{5 \times 30 - (10)^2}$$

Y "a" y "b" pueden entonces ser fácilmente calculados:

$$a = 108.4$$

$$b = 4.7$$

Por lo tanto, la línea recta de mínimos cuadrados es la siguiente:

$$Y = 108.4 + 4.7X$$

Utilizando esta ecuación podemos entonces determinar las ventas para cualquiera de los próximos años, es decir, 1975, 1976, etc. Para el año 1980, la variable "X" tendrá el valor (1980-1975), es decir, X=5. Por lo tanto, las ventas para este año serán:

$$Y = 108.4 + 4.7 \times 5 = 131.9$$

Es decir, las ventas en el año de 1980 serán de \$ 131,900.00

Los resultados serán exactamente los mismos si escogemos cualquier otro origen. Por ejemplo, escojamos el origen 1977:

AÑO	Y	X	X <sup>2</sup>	XY
1975	108	-2	4	-216
1976	119	-1	1	-119
1977	110	0	0	0
1978	122	1	1	122
1979	130	2	4	260
TOTAL	589	0	10	47

Sustituyendo los valores en las ecuaciones, tenemos:

$$a = \frac{589}{5}$$

$$b = \frac{47}{10}$$

Los nuevos valores de "a" y "b" son:

$$a = 117.8$$

$$b = 4.7$$

Y por lo tanto, las ventas para el año de 1980 serán:

$$Y = 117.8 + 4.7 \times 3 = 132.9.$$

Como se puede observar, el resultado es idéntico.

El método de mínimos cuadrados sirve únicamente para determinar la ecuación de la línea recta. La Empresa tendrá que decidir, por lo tanto, si solamente utilizará dicha ecuación para pronosticar el futuro o si también valdrá la pena tomar en consideración las variaciones cíclicas y aleatorias.

### 2.2.3 COEFICIENTE DE CORRELACION

Si es posible representar la variación de una variable Y en función de una variable X a través de una línea recta, decimos que existe -- entre las dos variables una correlación lineal. Esta correlación -- puede ser más o menos precisa, dependiendo del error que se comete al representar dicha variación a través de la línea recta. La precisión de la correlación lineal puede ser evaluada determinándose el coeficiente de correlación:

$$C.C. = \frac{N \sum XY - (\sum X) \cdot (\sum Y)}{\sqrt{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \sqrt{N \sum Y^2 - (\sum Y)^2}}$$

El coeficiente de correlación estará siempre entre -1 y 1. Si la representación de la variación a través de la línea recta es exacta (Figuras 2 y 3) el coeficiente será igual a -1 ó +1, dependiendo de la inclinación de la recta, es decir, si la función es creciente o decreciente. Si el coeficiente resulta muy bajo (0.2 ó 0.3, por ejemplo), -- esto quiere decir que la variación estudiada no deberá ser representada a través de una línea recta (Figura 4). Si el coeficiente resulta muy elevado (pero todavía menor que 1 en valor absoluto), esto significa que no existe una correlación lineal perfecta, sin embargo la variación puede ser precisamente representada a través de la línea -- recta. (Figura 5).

Supongamos que hemos deducido que existe una correlación lineal entre 2 variables (C.C. igual a 0.8, por ejemplo). ¿Como podemos estar seguros de que esta correlación no existe por pura casualidad? Para resolver este problema utilizamos tablas como la que se muestra a continuación:



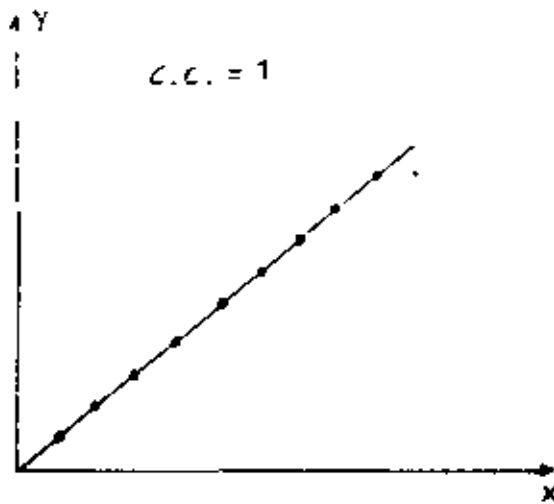


FIGURA 2

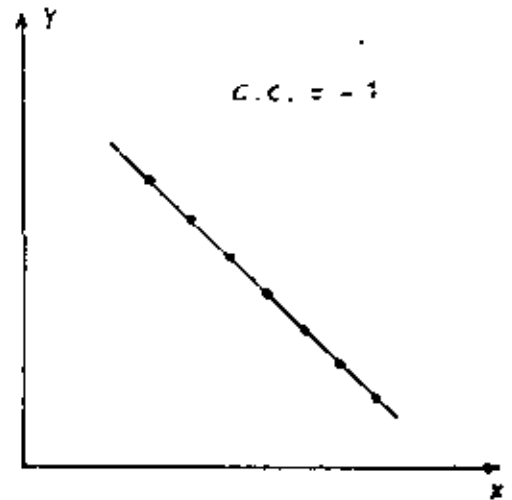


FIGURA 3

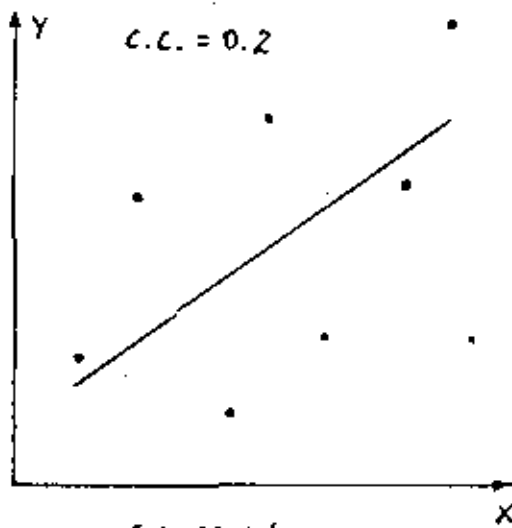


FIGURA 4

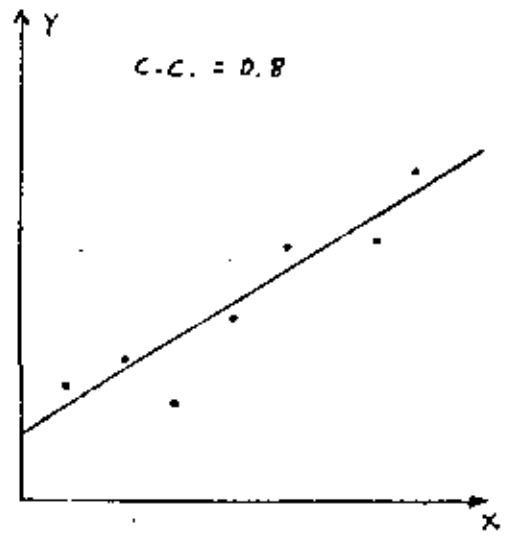


FIGURA 5

Nº de Puntos:	Probabilidad 95%	Probabilidad 99%
10	0.632	0.765
12	0.576	0.708
14	0.532	0.661
⋮		
⋮		
⋮		
200	0.139	0.182
400	0.098	0.128
1000	0.062	0.081

Esta tabla nos proporciona la siguiente información: por ejemplo, si hay 200 puntos en la gráfica, el coeficiente de correlación tiene que ser mayor de 0.139 para que haya una probabilidad de 95% de que la correlación no existe por pura casualidad. Al mismo tiempo, si el C.C. es mayor de 0.182, hay una probabilidad de 99% de que la correlación no existe por casualidad.

#### 2.2.4 METODO DE MINIMOS CUADRADOS (CURVA EXPONENCIAL)

Este método consta del ajuste de una curva exponencial a los puntos.- La forma de la ecuación de la curva es como sigue:

$$Y = ab^X$$

Como se indica en las Figuras 6 y 7, el ajustar una curva exponencial a los puntos es equivalente al ajustar una línea recta a estos mismos datos, pero marcándose en el eje vertical el "log Y" en vez de "Y".- Esto se debe a que si tomamos el logaritmo de "Y" en la ecuación de la curva exponencial, resulta lo siguiente:

$$\text{Log } Y = \text{Log } (ab^X) = \text{Log } a + \text{Log } b \cdot X$$

Si ponemos  $\text{log } a = A$  y  $\text{log } b = B$ , tenemos:

$$\text{log } Y = A + BX$$

que es obviamente la ecuación de una recta.

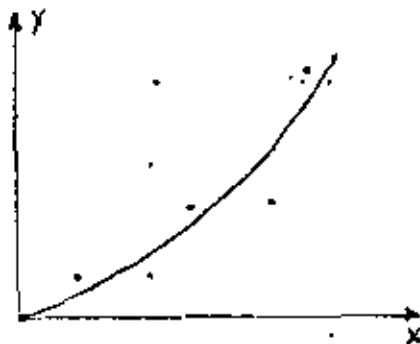


FIGURA 6

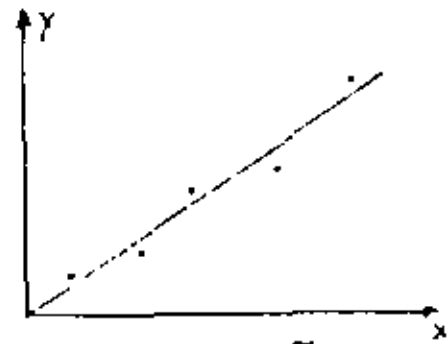


FIGURA 7

Y ahora, por lo tanto, podemos marcar "X" en el eje horizontal y "log Y" en el eje vertical, y ajustar una recta a los puntos; utilizando el método de mínimos cuadrados. Si observamos la ecuación  $\log Y = A + BX$ , podemos deducir que las ecuaciones para calcular "A" y "B" son las siguientes:

$$A = \frac{\sum X^2 \sum \log Y - \sum X \sum X \log Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$B = \frac{N \sum X \log Y - \sum X \cdot \sum \log Y}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

Para calcular "A" y "B" necesitamos calcular  $\sum \log Y$ ,  $\sum X$ ,  $\sum X \log Y$  y  $\sum X^2$ . Estos cálculos se presentan en el cuadro a continuación:

AÑO	Y	X	X <sup>2</sup>	Log Y	X.log Y	
1975	108	-2	4	2.0334	-4.0668	
1976	119	-1	1	2.0755	-2.0755	
1977	110	0	0	2.0414	0	ORIGEN= 1977
1978	122	1	1	2.0864	2.0864	
1979	130	2	4	2.1139	4.2278	
TOTAL	-	0	10	10.3506	0.1719	

Sustituyendo los valores obtenidos en las ecuaciones, tenemos:

$$A = \frac{10.3506}{5}$$

$$B = \frac{0.1719}{10}$$

Y por lo tanto, los valores de "A" y "B" son:

$$A = 2.0701$$

$$B = 0.0172$$

Como sabemos que  $A = \log a$  y  $B = \log b$ , entonces "a" y "b" ya pueden ser calculados:

$$\log a = 2.0701 \quad a = 117.5$$

$$\log b = 0.0172 \quad b = 1.0405$$

Y por lo tanto la ecuación final de la curva exponencial será la siguiente:

$$Y = 117.5 \times 1.0405^X$$

El valor  $b = 1.0405$  significa que existe una tasa anual de crecimiento igual a 4.05%.

Finalmente, si queremos pronosticar las ventas para el año de 1980, - el valor de la variable "X" será 3 (=1980-1977) y el valor de las - - ventas será:

$$Y = 117.5 \times 1.0405^{(3)} = 132.3$$

Esto quiere decir que las ventas para el año de 1980 serán de ..... \$ 132,300.00.

### 2.2.5. MINIMOS CUADRADOS: CURVA DE POTENCIA

La curva de potencia tiene la siguiente ecuación:

$$Y = a.X^b$$

y tiene las formas que se presentan en las figuras 8 y 9 según el valor de la constante "b".

Si tomamos el logaritmo de "Y" en esta ecuación, tenemos:

$$\log Y = \log a + b.\log X$$

que también es la ecuación de una línea recta. Por lo tanto podemos utilizar el método de mínimos cuadrados para ajustar una línea recta a las variables  $\log Y$  y  $\log X$ . Pongamos el origen en el año 1974:

AÑO	X	log X	(log X) <sup>2</sup>	VENTAS	log Y	log X . log Y
1975	1	0	0	108	2.0334	0
1976	2	.3010	.0906	119	2.0755	.6247
1977	3	.4771	.2276	110	2.0414	.9739
1978	4	.6021	.3625	122	2.0864	1.2562
1979	5	.6990	.4886	130	2.1139	1.4776
TOTAL	-	2.0792	1.1693	-	10.3506	4.3324

$$a = \text{antilog} \left[ \frac{\sum (\log X)^2 \cdot \sum \log Y - \sum \log X \cdot \sum (\log X \cdot \log Y)}{n \sum (\log X)^2 - (\sum \log X)^2} \right]$$

$$= \text{antilog} (2.0316) = 107.6$$

$$b = \frac{n \sum (\log X \cdot \log Y) - \sum \log X \cdot \sum \log Y}{n \sum (\log X)^2 - (\sum \log X)^2} = 0.0926$$

por lo tanto, el pronóstico para 1980 sería:

$$Y_6 = 107.6 \times 6^{0.0926} = 127.02$$

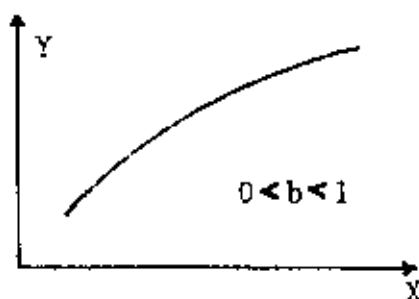


FIGURA 8

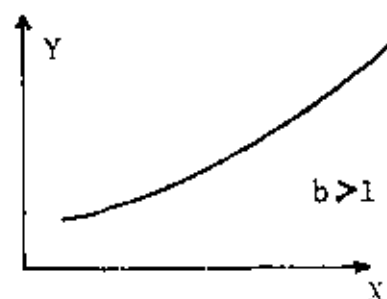


FIGURA 9

### 2.2.6. METODO DEL PROMEDIO MOVIL SIMPLE

En varias ocasiones es lógico pensar que las ventas de un periodo dado pueda tomar un valor más parecido a los más recientes que a los que han tomado mucho tiempo atrás, aún cuando no existe una tendencia marcada en los datos. En estos casos es conveniente utilizar métodos de pronósticos que dan una mayor importancia a los datos más recientes o que únicamente tomen en cuenta los "k" últimos datos, donde  $k = 1, 2, \dots, n$ . El más sencillo de estos métodos es el promedio móvil simple. El promedio móvil simple para el periodo "n" es simplemente la media aritmética de los "k" últimos datos, es decir:

$$\bar{Y}_{n,k} = \frac{D_n + D_{n-1} + \dots + D_{n-(k-1)}}{k}$$

donde: k = número de datos o términos del promedio móvil

$\bar{Y}_{n,k}$  = promedio móvil de "k" términos para el periodo "n"

$D_n, \dots, D_{n-(k-1)}$  = demandas de los últimos "k" periodos

Si ahora queremos un pronóstico para el periodo (n + 1), éste será igual al promedio móvil del periodo anterior, es decir:

$$P_{(n+1), k} = \bar{Y}_{n,k}$$

o simplemente:

$$P_{n+1} = \bar{Y}_n$$

Apliquemos este método a los datos del ejemplo anterior. Tengamos que las ventas de los últimos cinco años son:

AÑO	1975	1976	1977	1978	1979
VENTAS	108	119	110	122	130

Utilizando un promedio móvil simple de 2 términos, los pronósticos para los años de 1977, 1978, 1979 y 1980 serán (obviamente no podemos calcular pronósticos para los años 1975 y 1976):

AÑO	VENTAS	$\bar{Y}_n$	$P_{n+1}$	
1975	108	-		
1976	119	113,5	-	
1977	110	114.5	113.5	Ejemplo de cálculo:
1978	122	116.0	114.5	$Y_{1977} = (119 + 110)/2$
1979	130	126.0	116.0	$= 114.5$
1980	-	-	126.0	

Se puede observar claramente en el cuadro anterior que el método del promedio móvil simple generalmente conduce a pronósticos que van atrasados en relación a las ventas reales. Por ejemplo, para los años de 1978 y 1979 las ventas son 122 y 130, y los pronósticos son 114.5 y 116.0, respectivamente. Cuanto más pronunciada sea la tendencia de los datos y mayor sea el número de términos del promedio, más atrasados serán los pronósticos. Por lo tanto, el método del promedio móvil simple (principalmente cuando el número de términos es grande) es adecuado únicamente cuando la tendencia de los datos es horizontal y las ventas oscilan alrededor de un determinado valor de una manera totalmente aleatoria. Cuando la variación de las ventas no es aleatoria, sino que presenta cierta estacionalidad (variaciones estacionales), entonces es mejor determinar la tendencia de los datos y aplicar el método que se describe en el inciso 2.2.9..

#### 2.2.7. METODO DEL PROMEDIO MOVIL CON AJUSTE DE TENDENCIA

Como se ha dicho en el inciso 2.2.5., el método del promedio móvil simple sólo es adecuado cuando la tendencia es horizontal, ya que de lo contrario los pronósticos generalmente estarían atrasados en relación a las ventas reales.

Existe una forma de "ajustar" el promedio de tal manera que éste siga más de cerca las ventas reales, y para esto sólo se ne-

casita determinar los promedios móviles dobles. Para el cálculo de un promedio doble simplemente se aplica dos veces seguidas el método del promedio móvil simple, como se muestra en las 4 primeras columnas del cuadro que se muestra a continuación (consideramos un promedio de 2 términos):

AÑO	VENTAS	PROMEDIO SIMPLE $\bar{Y}_n$	PROMEDIO DOBLE $\bar{Y}_n$	PROMEDIO CON AJUSTE	PROMOSTICO $P_{n+1}$
1975	108	-	-	-	-
1976	119	113.5	-	-	-
1977	110	114.5	114.0	116.0	-
1978	122	116.0	115.2	118.4	116.0
1979	130	126.0	121.0	141.0	118.4
1980	-	-	-	-	141.0

Obsérvese que el promedio móvil doble va más retrasado que el promedio móvil simple y por lo tanto nunca se utiliza dicho método para la elaboración de pronósticos. Sin embargo, se utiliza el promedio doble para corregir el retraso del promedio móvil simple. Esto se hace de la siguiente manera (véanse las dos últimas columnas del cuadro anterior):

- Se calcula la diferencia  $\bar{Y}_n - \bar{Y}_n$
- Se calcula el promedio móvil ajustado utilizando la siguiente fórmula:

$$\bar{Y}_{a,n} = \bar{Y}_n + (\bar{Y}_n - \bar{Y}_n) + \frac{2}{k-1} (\bar{Y}_n - \bar{Y}_n)$$

donde:  $\bar{Y}_{a,n}$  = promedio móvil ajustado del periodo "n"

k = número de términos considerado

Como ejemplo, vemos como se calcula el promedio móvil ajustado de 1979:

$$\bar{Y}_{a,1979} = 126 + (126 - 121) + \frac{2}{2-1} (126 - 121) = 141$$

Cuando las ventas no presentan cambios muy bruscos y el número de términos es grande, se puede estimar la tendencia lineal más reciente a través del valor de la expresión:

$$T_n = \frac{2}{k-1} (\bar{Y}_n - \bar{Y}_{n-1})$$

y usar este valor para pronosticar las ventas de los años 1981, 1982, 1983, etc. En nuestro ejemplo, el último valor de "T" es:

$$T_{1979} = \frac{2}{2-1} (126 - 121) = 10$$

Por lo tanto, los pronósticos de los años siguientes serán:

AÑO	1980	1981	1982	1983 ...
VENTAS	141	151	161	171 ...

#### 2.2.8. METODO DEL PROMEDIO MOVIL PONDERADO

Otra forma de corregir el retraso del promedio móvil simple, es la utilización de mejores pesos o ponderaciones para los valores más recientes. Por ejemplo, si el promedio móvil es de 2 términos se podrán adoptar ponderaciones de 0.7 para el último dato y 0.3 para el dato anterior. Utilizando este criterio, los pronósticos para el ejemplo que estamos analizando, serían:

AÑO	VENTAS	PROMEDIO MOVIL PONDERADO	PRONOSTICO
1975	108	-	-
1976	119	$108 \times 0.3 + 119 \times 0.7 = 115.7$	-
1977	110	$119 \times 0.3 + 110 \times 0.7 = 112.7$	115.7
1978	122	$110 \times 0.3 + 122 \times 0.7 = 118.4$	112.7
1979	130	$122 \times 0.3 + 130 \times 0.7 = 127.6$	118.4
1980	-	-	127.6

Como se puede observar en los dos cuadros anteriores, cuando hay una tendencia marcada, el promedio móvil ponderado va más atra-



nado que el promedio móvil con ajuste de tendencia.

### 2.2.9. METODO DEL PROMEDIO PONDERADO EXPONENCIALMENTE

En el método del promedio ponderado exponencialmente se utiliza la fórmula siguientes:

$$\bar{Y}_n = \bar{Y}_{n-1} + \alpha(D_n - \bar{Y}_{n-1})$$

donde:  $\bar{Y}_n$  = promedio ponderado exponencialmente del período "n"  
 $\bar{Y}_{n-1}$  " " " " " " " " (n-1)  
 $\alpha$  = constante de atenuación  
 $D_n$  = demanda del período "n"

Como hemos mencionado para el caso del promedio móvil simple y ajustado, el pronóstico para el período (n+1) cuando se utiliza el método del promedio ponderado exponencialmente es igual al promedio del período anterior, es decir:

$$P_{n+1} = Y_n$$

De esta manera podemos escribir la fórmula del promedio ponderado exponencialmente de la siguiente forma:

$$P_{n+1} = P_n + \alpha(D_n - P_n)$$

es decir, el pronóstico del período (n+1) es igual al pronóstico del período "n" más una fracción "  $\alpha$  " de la diferencia entre éste y la demanda del mismo período. En otras palabras, el pronóstico del período (n+1) es igual al pronóstico del período "n" más una fracción "  $\alpha$  " del error que se ha cometido en el período "n" (error =  $D_n - P_n$ ):

Las dos primeras etapas que deben llevarse a cabo en la aplicación del método del promedio ponderado exponencialmente, son la elección de la constante de atenuación " $\alpha$ " y del número de períodos pasados a considerar. La constante " $\alpha$ " está generalmente entre 0.05 y 0.4. Como podremos observar más adelante, si queremos dar una mayor importancia a las ventas de los últimos períodos, " $\alpha$ " deberá ser grande, y si queremos dar una importancia más uniforme a todos los datos de ventas, " $\alpha$ " deberá ser pequeña.

Para el cálculo del promedio  $\bar{Y}_n$  necesitamos el valor de  $\bar{Y}_{n-1}$ ; para el cálculo de  $\bar{Y}_{n-1}$ , necesitamos conocer  $\bar{Y}_{n-2}$ ; etc. Por lo tanto, no sería posible calcular  $\bar{Y}_0$  puesto que no existe  $\bar{Y}_{-1}$ . Consecuentemente, la tercera etapa en la aplicación de este método es la elección de un promedio inicial  $\bar{Y}_0$ , generalmente se considera éste igual a la demanda  $D_0$  del primer período.

Veamos como podemos aplicar el método del promedio ponderado exponencialmente al ejemplo que hemos estado analizando en este capítulo:

AÑO	1975	1976	1977	1978	1979
VENTAS	108	119	110	122	130
	$D_0 = \bar{Y}_0$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$

Utilicemos un  $\alpha = 0.2$  y tomemos como promedio inicial  $\bar{Y}_0$  a la demanda  $D_0 = 108$ . De esta forma podemos calcular  $\bar{Y}_1$ :

$$\bar{Y}_1 = \bar{Y}_0 + \alpha (D_1 - \bar{Y}_0) = 108 + 0.2(119-108)$$

$$\bar{Y}_1 = 108 + 2.2 = 110.2$$

Los demás promedios  $\bar{Y}_2$ ,  $\bar{Y}_3$  y  $\bar{Y}_4$  son calculados de la misma manera y los resultados son los siguientes:

PERIODO	AÑO	VENTAS	PROMEDIO	PRONOSTICO
0	1975	108	108.00	-
1	1976	119	110.20	108.00
2	1977	110	110.16	110.20
3	1978	122	112.53	110.16
4	1979	130	116.02	112.53
5	1980	-	-	116.02

Si comparamos los pronósticos con las ventas reales nos damos cuenta de inmediato que aquellos también están atrevidos. Lo que se dijo acerca del método de promedio móvil simple también es válido aquí; el promedio ponderado exponencialmente solamente es adecuado cuando la tendencia de las ventas es más o menos horizontal y las variaciones son aleatorias.

Debido a que para el cálculo de cualquier promedio  $\bar{Y}_n$  se necesita el promedio correspondiente al período anterior ( $n-1$ ), es decir,  $\bar{Y}_{n-1}$ , no se puede aplicar directamente la fórmula

$$\bar{Y}_n = \bar{Y}_{n-1} + \alpha (D_n - \bar{Y}_{n-1})$$

para el cálculo de  $\bar{Y}_n$ . Deduzcamos por lo tanto otra fórmula que nos permite calcular directamente  $\bar{Y}_n$  a partir únicamente de las demandas reales  $D_i$  de los "n" períodos. Supondremos que  $\bar{Y}_0 = D_0$  y escribamos la fórmula del promedio ponderado exponencialmente de una forma más conveniente:

$$\bar{Y}_n = \alpha D_n + (1 - \alpha) \bar{Y}_{n-1}$$

Tenemos entonces:

$$\bar{Y}_0 = D_0$$

$$\bar{Y}_1 = \alpha D_1 + \alpha(1 - \alpha)\bar{Y}_0$$

$$\begin{aligned} \bar{Y}_2 &= \alpha D_2 + (1 - \alpha)\bar{Y}_1 = \alpha D_2 + (1 - \alpha) [\alpha D_1 + (1 - \alpha)\bar{Y}_0] \\ &= \alpha D_2 + \alpha(1 - \alpha)D_1 + (1 - \alpha)^2 \bar{Y}_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{Y}_3 &= \alpha D_3 + (1 - \alpha)\bar{Y}_2 = \alpha D_3 + (1 - \alpha) [\alpha D_2 + \alpha(1 - \alpha)D_1 + \\ &\quad + (1 - \alpha)^2 \bar{Y}_0] \\ &= \alpha D_3 + \alpha(1 - \alpha)D_2 + \alpha(1 - \alpha)^2 D_1 + (1 - \alpha)^3 \bar{Y}_0 \end{aligned}$$

.

.

.

.

$$\begin{aligned} \bar{Y}_n &= \alpha D_n + \alpha(1 - \alpha)D_{n-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 D_{n-2} + \dots + \\ &\quad + \alpha(1 - \alpha)^{n-1} D_1 + (1 - \alpha)^n \bar{Y}_0 \end{aligned}$$

Como  $\bar{Y}_0 = D_0$ , podemos escribir:

$$\begin{aligned} \bar{Y}_n &= \alpha D_n + \alpha(1 - \alpha)D_{n-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 D_{n-2} + \dots + \\ &\quad + \alpha(1 - \alpha)^{n-1} D_1 + (1 - \alpha)^n D_0. \end{aligned}$$

Esta fórmula incluye ahora solamente las demandas de los "n" períodos. Dado que el factor  $(1 - \alpha)^n$  se hace muy pequeño y se aproxima a cero cuando "n" crece, se puede ignorar el último término. Al mismo tiempo, la suma de los otros coeficientes, es decir  $\sum_{i=0}^{n-1} \alpha(1 - \alpha)^i$  se aproxima a 1, y así tenemos las condiciones de un auténtico promedio ponderado exponencialmente. Es precisamente por esta razón que este método tiene el nombre de promedio ponderado exponencialmente.

También es fácil observar que la ponderación conferida a cada una de las "D<sub>i</sub>" depende del valor de "α" y que las demandas más recientes se les asigna una ponderación mayor. En el cuadro que se muestra a continuación proporcionamos algunos coeficien-

tes para los valores  $\alpha = 0.1$  y  $\alpha = 0.3$ :

PERIODO	COEFICIENTE	VALOR DE $\alpha$	
		0.1	0.3
n	$\alpha$	0.10	0.30
n-1	$\alpha(1-\alpha)$	0.09	0.21
n-2	$\alpha(1-\alpha)^2$	0.081	0.15
n-3	$\alpha(1-\alpha)^3$	0.073	0.10
n-4	$\alpha(1-\alpha)^4$	0.066	0.07

Este cuadro muestra dos cosas importantes; primero, que los coeficientes de las demandas más recientes son mayores y por lo tanto se les da una mayor importancia; y segundo, a la medida que " $\alpha$ " aumenta, se les da a las demandas más recientes una importancia todavía mayor.

Vamos ahora la aplicación de la nueva fórmula a los mismos datos con los cuales hemos estado trabajando:

AÑO	1975	1976	1977	1978	1979
VENTAS	108	119	110	122	130
	$D_0$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$

Aplicando la fórmula y adoptando un  $\alpha = 0.2$ , tenemos:

$$\bar{Y}_4 = 0.2 \times 130 + (0.2)(0.8) \times 122 + (0.2)(0.8)^2 \times 110 + (0.2)(0.8)^3 \times 119 + (0.8)^4 \times 108 = \$ 116.02.$$

Tomamos entonces este promedio como nuestro pronóstico para el período 5, es decir, para el año de 1980:

$$P_5 = P_{1980} = \$ 116.02$$

Debe observarse que este valor es exactamente igual al que fue obtenido anteriormente cuando aplicamos sucesivamente la fórmula

$$\bar{Y}_n = \bar{Y}_{n-1} + \alpha(D_n - \bar{Y}_{n-1})$$

### 2.2.10. METODO DEL PROMEDIO PONDERADO EXPONENCIALMENTE CON AJUSTE DE TENDENCIA

La aplicación del método del promedio ponderado exponencialmente con ajuste de tendencia es análoga a la del método del promedio móvil con ajuste de tendencia. Todo lo que tenemos que hacer es lo siguiente:

- Calcular el promedio ponderado exponencialmente simple ( $\bar{Y}_n$ )
- Calcular el promedio ponderado exponencialmente doble ( $\bar{\bar{Y}}_n$ )
- Calcular el promedio ponderado exponencialmente con ajuste de tendencia mediante la fórmula:

$$\bar{Y}_n = \bar{Y}_n + (\bar{Y}_n - \bar{\bar{Y}}_n) + \frac{\alpha}{1-\alpha} (\bar{Y}_n - \bar{\bar{Y}}_n)$$

Aplicando esta metodología a nuestro ejemplo tenemos:

PERIODO	AÑO	VENTAS	PROMEDIO SIMPLE	PROMEDIO DOBLE	PROMEDIO AJUSTADO	PROMOST.
0	1975	108	108.00	108.00	108.00	-
1	1976	119	110.20	108.44	112.40	108.00
2	1977	110	110.16	108.78	111.89	112.40
3	1978	122	112.53	109.53	116.28	111.89
4	1979	130	116.02	110.83	122.51	116.28
5	1980	-	-	-	-	122.51

Obsérvese que el pronóstico todavía va un poco atrasado, por lo que sería conveniente en este caso la utilización de un valor mayor para " $\alpha$ ".

### 2.2.11. PRONOSTICOS POR MES, TRIMESTRE O SEMESTRE

En el inciso 2.2.1. hemos visto un método muy sencillo para determinar las ventas del primer trimestre del año de 1980. Ahora volvemos a analizar este método con más detalle.

Utilizaremos los mismos datos de los ejemplos anteriores y supondremos que las ventas trimestrales de los años 1975, 1976, 1977, 1978 y 1979 fueron las que se muestran en el cuadro a continuación:

AÑO	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	ANUAL
1975	19	37	30	22	108
1976	28	42	31	18	119
1977	27	36	28	19	110
1978	30	43	29	20	122
1979	32	44	32	22	130
TOTAL	136	202	150	101	589
%	23.1	34.3	25.5	17.1	100

Podemos observar que el cuadro también proporciona el porcentaje correspondiente a cada trimestre, respecto al volumen de ventas total de los 5 años.

Determinemos ahora las ventas de cada trimestre de 1980 y para esto podemos utilizar cualquier pronóstico para dicho año, utilicemos por ejemplo el que fue determinado mediante el ajuste de la recta de mínimos cuadrados, es decir, 131.9:

P <sub>1</sub>	23.1% x 131.9	30.47
P <sub>2</sub>	34.3% x 131.9	45.24
P <sub>3</sub>	25.5% x 131.9	33.63
P <sub>4</sub>	17.1% x 131.9	22.55
TOTAL		131.90

Los porcentajes 23.1%, 34.3%, 25.5% y 17.1% son llamados índices estacionales y obviamente solamente tiene sentido calcularlos cuando existe alguna estacionalidad en los datos. Este método puede ser aplicado siempre que tengamos un pronóstico anual, no importando el método que fue utilizado para obtenerlo, y ob-

viamente puede utilizarse para la elaboración de pronósticos semanales, mensuales, trimestrales, semestrales, etc.

Siempre que en Diciembre de un determinado año elaboramos pronósticos para todos los meses, trimestres, etc del año siguiente, diremos que hemos elaborado pronósticos anuales. Obviamente, los pronósticos podrán ser con y sin estacionalidad. Por otro lado, cuando al final de cada mes, trimestre, etc, elaboramos pronósticos para el mes siguiente, el trimestre siguiente, etc, diremos que estamos elaborando pronósticos mensuales, trimestrales, etc, respectivamente. Estos pronósticos también pueden ser con o sin estacionalidad y como ejemplo, a continuación calcularemos pronósticos trimestrales con estacionalidad. Utilicémos los datos que hemos utilizado anteriormente y apliquemos el método del promedio móvil simple de 3 términos. Los pronósticos sin estacionalidad se muestran en la 4a. columna del cuadro a continuación:

AÑO	TRIM.	VENTAS	PRMED. MOVIL SIMPLE SIN EST.	ERROR (*)	PRMED. MOVIL SIMPLE CON EST.	ERROR (*)	INDICE ESTACIONAL
1	T1	19	-	-	-	-	-
9	T2	37	-	-	-	-	-
7	T3	30	-	-	-	-	-
5	T4	22	28.7	+6.7	-	-	-
1	T1	28	29.7	+1.7	-	-	-
9	T2	42	26.7	-15.3	-	-	-
7	T3	31	30.7	-0.3	-	-	-
6	T4	18	33.7	+15.7	27.0	9.0	+6.7
1	T1	27	30.3	+3.3	28.6	1.6	+1.7
9	T2	36	25.3	-10.7	40.6	4.6	-15.3
7	T3	28	27.0	-1.0	27.3	0.7	-0.3
7	T4	19	30.3	+11.3	19.1	0.1	+11.2
1	T1	30	27.7	-2.3	25.2	4.8	+7.5
9	T2	43	25.7	-17.3	38.7	4.3	-13.0
7	T3	29	30.7	+1.7	31.3	2.3	-0.6
8	T4	20	34.0	+14.0	22.8	2.8	+11.2
1	T1	32	30.7	-1.3	29.8	2.2	+0.9
9	T2	44	27.0	-17.0	41.4	2.6	-14.4
7	T3	32	32.0	-	31.9	0.1	+0.1
9	T4	22	36.0	+14.0	24.1	2.1	11.9
ERROR MEDIO ABSOLUTO				7.8		2.9	

(\*) Error = Pronóstico - Ventas



Se puede observar, como ejemplo, que el pronóstico para el 4o. semestre siempre es mayor que las ventas reales, es decir, los errores siempre fueron positivos: +6.7, +15.7, +11.3, +14.0 y +14.0 en los años 75, 76, 77, 78 y 79, respectivamente. Esto se debe obviamente a la estacionalidad y para mejorar el pronósticos podríamos entonces en cada año restar el error cometido en los años anteriores. El pronóstico así obtenido sería un pronóstico trimestral con estacionalidad.

Veamos como ejemplo el pronóstico con estacionalidad para el 4o. semestre de 1976:

$$\begin{aligned} \text{Pron. con est. 76} &= \text{pron. sin est. 76} - \text{error 75} \\ &= 33.7 - (+6.7) = 33.7 - 6.7 = 27.0 \end{aligned}$$

Cuando hay más de un error a considerar de años anteriores, se resta la media de éstos. Por ejemplo, para el 4o. semestre de 1979, tenemos los errores +6.7, +15.7, +11.3 y +14.0, cuya media es de +11.9. El pronóstico con estacionalidad será entonces:

$$\text{Pron. con est.} = \text{pron. sin est.} - (+11.9) = 36.0 - 11.9 = 24.1$$

Utilizando este procedimiento se calcularon todos los pronósticos trimestrales con estacionalidad, los cuales se presentan en la 6a. columna del cuadro.

El promedio de los errores de los años anteriores (por ejemplo, +11.9 para el 4o. semestre de 1979), los podemos llamar también índices estacionales y éstos se presentan en la última columna del cuadro.

En este ejemplo es interesante observar que el error medio cometido cuando se tomó en cuenta la estacionalidad (2.9) es mucho menor que el error correspondiente a los pronósticos sin estacionalidad (7.8).

### 2.3. EVALUACION DE LOS METODOS DE PRONOSTICOS

Generalmente es muy difícil establecer previamente cual es el método más adecuado para pronosticar las ventas de una empresa dada. Sólo en casos muy especiales la elección del mejor método de pronósticos es una tarea fácil. Por ejemplo, si las ventas aumentan con un incremento constante, el mejor método sería el ajuste de una línea recta; si las ventas presentan una tasa de crecimiento constante, debería ajustarse una curva exponencial, etc.

Como metodología aplicable a todos los casos sugerimos en estos apuntes la simulación. Esta consiste en aplicar distintos métodos a los datos del pasado y, previa elección de un criterio de evaluación, determinar el método que mejor funciona. Los criterios de evaluación más utilizados son el error medio ( $\bar{E}$ ), el error medio absoluto ( $|\bar{E}|$ ), el error absoluto porcentual ( $|\bar{E}\%|$ ) y la desviación estándar del error ( $S_e$ ).

A continuación presentamos un resumen de la aplicación de todos los métodos de pronósticos del inciso 2.2. y como ejemplo, hemos utilizado el error medio absoluto como criterio de evaluación. Puede observarse que desde el punto de vista de este criterio, el mejor método de pronóstico para este ejemplo específico es el de la curva exponencial, ya que conduce el menor error medio absoluto ( $|\bar{E}| = 3.44$ ).

Vale la pena resaltar que éste es un ejemplo no muy preciso de la aplicación de la técnica de simulación, ya que el número de datos es muy reducido (solamente 5 años). A continuación presentamos un ejemplo más completo, donde se manejan los 36 datos correspondientes a las ventas de los últimos 3 años de una Empresa mexicana del Estado de Durango.

RESUMEN DE LA APLICACION DE LOS 7 METODOS DE PRONOSTICOS

AÑO	VENTAS	RECTA	ERROR	CURVA	ERROR	PROMED. MOVIL SIMPLE (2 TERMINOS)	ERROR	PROMED. MOVIL PONDER. (2 TERMINOS)	ERROR	PROMED CON AJUSTE (2 TERMINOS)	ERROR	PROMED. EXPON. SIMPLE ( $\alpha = .2$ )	ERROR	PROMED. EXPON. CON AJUSTE ( $\alpha = .2$ )	ERROR
1975	108	108.4	+0.4	108.5	+0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1976	119	113.1	-5.9	112.9	-6.1	-	-	-	-	-	-	108.00	-11.0	108.00	-11.0
1977	110	117.8	+7.8	117.5	+7.5	113.5	+3.5	115.7	+5.7	-	-	110.20	+0.2	112.40	+2.4
1978	122	122.5	+0.5	122.3	+0.3	114.5	-7.5	112.7	-9.3	116.0	-6.0	110.16	-11.8	111.80	-10.1
1979	130	127.2	-2.8	127.2	-2.8	116.0	-14.0	118.4	-11.6	118.4	-12.0	112.53	-17.5	116.28	-13.7
1980	-	131.9	-	132.3	-	126.0	-	127.6	-	141.0	-	116.02	-	122.51	-
MEI	-	-	3.48	-	3.44	-	8.33	-	8.87	-	9.00	-	10.13	-	9.30

19-4

34.

## 2.4. EJEMPLO DE SIMULACION PARA LA EVALUACION DE DIFERENTES METODOS DE PRONOSTICOS (\*)

### 2.4.1. Estacionalidad

En la gráfica # 1 y en el cuadro # 1 presentamos las ventas mensuales de la Empresa en los años de 1976, 1977 y 1978 y puede observarse que éstas presentan cambios relativamente bruscos de un mes al siguiente.

En el cuadro # 2 se muestran los índices estacionales de los doce meses y puede observarse que en promedio se ha vendido un porcentaje mayor en determinados meses. Por ejemplo, durante los 3 años considerados se ha vendido más en Mayo y Octubre (10.15% y 10.51%, respectivamente) que en Febrero y Abril (6.11% y 7.13%, respectivamente)

Por otro lado, si calculamos los índices estacionales (porcentajes) para cada año, podemos observar que no existe una estacionalidad muy marcada, ya que dichos porcentajes presentan una gran variación. Por ejemplo, para el mes de Mayo obtenemos los siguientes porcentajes:

AÑO	TOTAL		
	ANUAL	MAYO	%
76	9,600	590	6
77	16,840	2,250	13
78	19,690	1,840	9

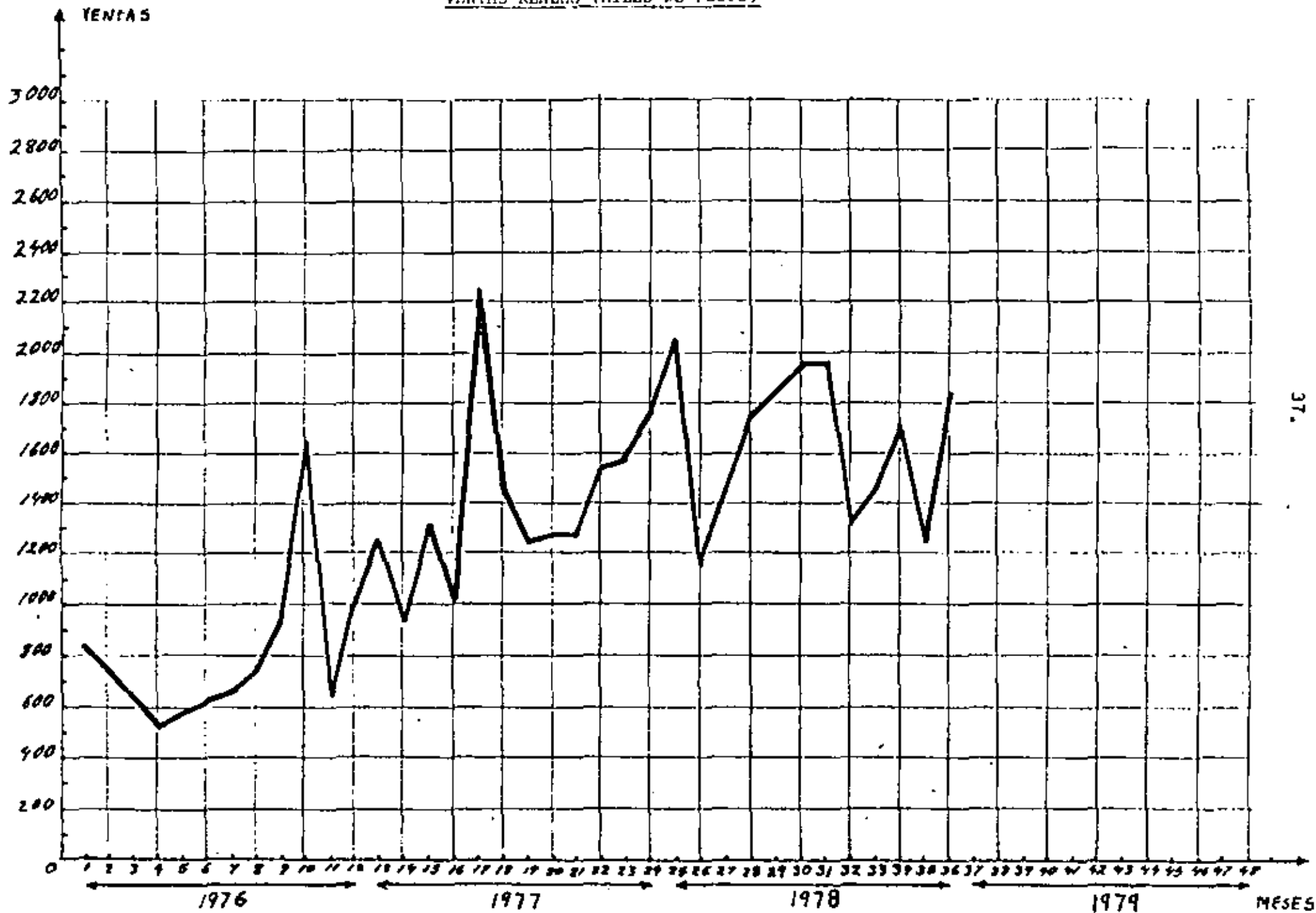
Debido a esta variación no es posible establecer en definitivo si existe estacionalidad o no y como consecuencia, como veremos más adelante, utilizaremos la técnica de simulación para analizar el comportamiento de los pronósticos con y sin estacionalidad para entonces poder llegar a una conclusión final (véase el inciso 2.4.3. y el cuadro # 15A).

(\*) Agradecemos la colaboración de Hugo Borrás García en la elaboración de este ejemplo.

CUADRO #1VENTAS REALES DE UNA EMPRESA DE LLANTAS (MILES DE PESOS)

MESES	AÑOS		
	1976	1977	1978
Enero	850	1250	2050
Febrero	750	920	1150
Marzo	650	1300	1450
Abril	520	1020	1750
Mayo	590	2250	1840
Junio	620	1450	1940
Julio	670	1250	1950
Agosto	760	1280	1310
Septiembre	930	1270	1470
Octubre	1630	1520	1700
Noviembre	630	1570	1250
Diciembre	1000	1760	1830
T O T A L	9600	16840	19690

GRAFICA  
VENTAS REALES (MILLAS DE PESOS)



CUADRO # 2

INDICES ESTACIONALES

MESES AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
1976	850	750	650	520	590	620	670	760	930	1630	630	1000	9600
1977	1250	920	1300	1020	2250	1450	1250	1280	1270	1520	1570	1760	16840
1978	1050	1150	1450	1750	1840	1940	1950	1310	1470	1700	1250	1830	19690
TOTAL	4150	1820	3400	3290	4680	4010	3870	3350	3670	4850	3450	4590	46130
INDICE	9.00%	6.11%	7.37%	7.13%	10.15%	8.69%	8.39%	7.26%	7.96%	10.51%	7.48%	9.95%	

### 2.4.2. Pronósticos mensuales (rastreo)

La primera simulación que se llevó a cabo fue para evaluar que método resultaría mejor para los pronósticos mensuales, es decir, tomando en cuenta los  $(i-1)$  datos se pronosticaron las ventas del mes "i" utilizando distintos métodos de pronósticos y se compararon los resultados obtenidos con las ventas reales. Por ejemplo, utilizando los datos de Enero a Octubre de 1976 se pronosticaron las ventas de noviembre de 1976 (\*); a partir de los datos de los 12 meses de 1976 y de los datos de Enero a Junio de 1977, se pronosticaron las ventas de Julio de 1977 y así sucesivamente. Si así lo hacemos, vamos retrocediendo la demanda a través de los años y por esto también llamaremos este método de rastreo.

En el cuadro # 3 presentamos inicialmente los resultados del ajuste de una línea recta. Vale la pena observar que para la elaboración de pronósticos mensuales es incorrecto ajustar una recta a todos los datos, en seguida pronosticar las ventas de meses cuyas ventas ya fueron utilizadas para el ajuste de dicha recta y finalmente calcular los errores cometidos y compararlos con los resultados de otros métodos que pronostican las ventas de cada uno de los meses sin tener en cuenta para nada las ventas de los mismos. Si queremos comparar al método de la recta con los demás métodos debemos pronosticar las ventas de cada mes siguiendo el procedimiento descrito en el párrafo anterior, es decir, utilizando únicamente los datos de meses anteriores (como hemos dicho, para el mes "i" hay  $(i-1)$  meses anteriores). Este método lo hemos llamado recta progresiva y sus resultados también se presentan en el cuadro # 3.

---

(\*) Algunos métodos sólo utilizan los "k" datos anteriores.



En la 5a. columna del cuadro # 3 se muestran los resultados del ajuste de una curva exponencial. También en este caso es más correcto utilizar el método de la curva exponencial progresiva, cuyos resultados se muestran en el cuadro # 8.

Hemos dejado los resultados de la recta y de la curva exponencial en el cuadro # 3 porque éstos nos dan una idea bastante precisa acerca del ajuste de estas líneas a los 36 datos de ventas.

En el cuadro # 4 se presentan los resultados de los siguientes métodos: promedio móvil simple de un término (P.M.S., 1T), promedio móvil simple de dos términos (P.M.S., 2T) y promedio móvil ajustado con 2 términos (P.M.A., 2T).

En el cuadro # 5 se presentan los métodos de promedio móvil simple de 3 términos (P.M.S., 3T), promedio móvil ajustado de 3 términos (P.M.A., 3T) y promedio móvil simple de 4 términos (P.M.S., 4T).

El cuadro # 6 muestra los resultados de los siguientes métodos: promedio móvil ajustado de 4 términos (P.M.A., 4T), promedio ponderado exponencialmente con  $\alpha = 0.1$  (P.P.E.,  $\alpha = 0.1$ ) y promedio ponderado exponencialmente ajustado con  $\alpha = 0.1$  (P.P.E.A.,  $\alpha = 0.1$ ).

En el cuadro # 7 se presentan los siguientes métodos: promedio ponderado exponencialmente con  $\alpha = 0.2$  (P.P.E.,  $\alpha = 0.2$ ), promedio ponderado exponencialmente ajustado con  $\alpha = 0.2$  (P.P.E.A.,  $\alpha = 0.2$ ) y promedio ponderado exponencialmente con  $\alpha = 0.3$  (P.P.E.,  $\alpha = 0.3$ ).

En el cuadro # 8, además de la curva progresiva, se presenta el método del promedio ponderado exponencialmente ajustado con  $\alpha = 0.3$  (P.P.E.A.,  $\alpha = 0.3$ )

En el cuadro # 9 se presentan los siguientes métodos: promedio móvil simple de 5 términos (P.M.S., 5T), promedio móvil simple de 6 términos (P.M.S., 6T) y promedio móvil ajustado de 5 términos (P.M.A., 5T).

En el cuadro # 10 se presentan los siguientes métodos: promedio móvil ajustado de 6 términos (P.M.A., 6T), promedio ponderado exponencialmente con  $\alpha = 0.4$  (P.P.E.,  $\alpha = 0.4$ ) y promedio ponderado exponencialmente ajustado con  $\alpha = 0.4$  (P.P.E.,  $\alpha = 0.4$ ).

También decidimos ajustar a los 36 datos de ventas una curva que nos proporcionara incrementos decrecientes (lo contrario de la curva exponencial) y por esto en el cuadro # 11 se presentan los resultados del ajuste de una curva de potencia ( $Y = a.X^b$ ) y de la curva de potencia progresiva.

Finalmente, en el cuadro # 12 se comparan los resultados de los 25 métodos mediante la utilización de dos criterios diferentes: el error medio ( $\bar{E}$ ) y el error absoluto porcentual medio ( $|\bar{E}\%|$ ).

Obsérvese que el error medio  $\bar{E}$  sirve únicamente para indicar si en promedio el método produjo pronósticos atrasados o adelantados, es decir, menores o mayores que las ventas reales, respectivamente. Si definimos (como lo estamos haciendo en este ejemplo) el error como:

$$E = \text{pronóstico} - \text{ventas}$$

esto conduce a que si  $\bar{E}$  es negativo los pronósticos en promedio estuvieron atrasados y si  $\bar{E}$  es positivo, esto indica que los pronósticos en promedio estuvieron adelantados. Debe resaltarse también que el error medio  $\bar{E}$  de la recta será siempre cero y que en la mayoría absoluta de los casos los métodos de rastreo producen errores medios negativos si la tendencia es ascendente y errores medios positivos si la demanda es descendiente.

El cuadro # 12 muestra que para el criterio  $|\bar{E}\%|$  el mejor método es el del promedio móvil simple de 6 términos, sin embargo muestra también que los siguientes métodos son bastante buenos:

- a) Curva de potencia progresiva
- b) Promedio móvil simple de 5 términos
- c) Promedio móvil ajustado de 6 términos
- d) Promedio ponderado exponencialmente con  $\alpha = 0.2$
- e) Promedio ponderado exponencialmente con  $\alpha = 0.3$
- f) Promedio ponderado exponencialmente ajustado con  $\alpha = 0.1$

Los tres peores métodos fueron los siguientes:

- g) Promedio móvil ajustado de 2 términos
- h) Promedio móvil ajustado de 3 términos
- i) Promedio móvil ajustado de 4 términos

Por otro lado, la columna del error medio  $\bar{E}$  nos muestra que el P.M.S., 6T va bastante atrasado en relación a las ventas reales ( $\bar{E} = -109$ ). Lo mismo ocurre con los demás métodos que producen buenos resultados (a, b, ..., f), a excepción del P.M.A., 6T que va adelantado ( $\bar{E} = +45$ ), sin embargo al P.P.E.A.,  $\alpha = 0.1$  corresponde un retraso medio mucho menor ( $\bar{E} = -51$ ). Como la diferencia entre los errores porcentuales de los métodos P.M.S., 6T (18.83%), P.P.E.A.,  $\alpha = 0.1$  (19.47%) y P.M.A., 6T (19.96%) no es muy grande, quizás sea más conveniente considerar estos dos últimos como los mejores métodos para la elaboración de los pronósticos mensuales, ya que cuanto más cerca de cero esté el error medio  $\bar{E}$ , mejor es el método de pronóstico.

A continuación presentamos las gráficas 2, 3, ..., 26 en las cuales se muestran las ventas reales, los pronósticos mensuales obtenidos para los 36 meses de 1976, 1977 y 1978 mediante la aplicación de los 25 métodos y los pronósticos para los 12 meses de 1979, con y sin estacionalidad. Obsérvese que los métodos del promedio móvil simple y del promedio ponderado exponencialmente sin ajuste de tendencia no permiten pronosticar más allá de Enero de 1979 y por lo tanto las gráficas correspondientes terminan en este mes.

Para todos los pronósticos con estacionalidad se utilizaron los in-

indices estacionales del cuadro # 2. En la gráfica # 2 se presentan dos métodos para la elaboración de los pronósticos con estacionalidad. En el primero se utilizaron los índices estacionales del cuadro # 2 y en el segundo el procedimiento fue el siguiente:

- a) Para cada mes en cada uno de los años se dividió el valor real de las ventas entre el pronóstico (valor de la recta) y así se obtuvieron tres "índices" para cada mes.
- b) Se sacaron 12 índices promedio, uno para cada mes.
- c) Se multiplicaron los pronósticos de cada mes de 1979 (valor de la recta) por los índices correspondientes obtenidos en b).

Se puede observar en la gráfica # 2 que estos dos métodos conducen prácticamente a los mismos resultados y que por lo tanto es suficiente la utilización de sólo uno de ellos. Por esta razón, en estos apuntes sólo hemos utilizado el método de los porcentajes, los cuales, para este ejemplo específico, se muestran en el cuadro # 2.

Finalmente, también vale la pena observarse que en la elaboración de los pronósticos mensuales no se tuvo en cuenta la estacionalidad. Obviamente, se podrá repetir toda la simulación teniendo en cuenta la estacionalidad, sin embargo esto sólo será publicado en las próximas ediciones de estos apuntes.

CUADRO # 3

METODOS: RECTA, RECTA PROGRESIVA Y CURVA EXPONENCIAL

	MES	VENTAS	RECTA	ERROR	RECTA P.	ERROR	CURVA	ERROR
	ENERO	850	694.47	- 155.53	—	—	701.65	- 148.35
	FEBRERO	750	728.01	- 21.99	850	100	723.12	- 26.88
	MARZO	650	761.55	111.55	650	0	745.24	104.24
	ABRIL	520	795.09	275.09	550	30	766.04	248.04
1	MAYO	590	828.63	238.63	420	170	791.53	201.53
9	JUNIO	620	862.16	242.16	447	173	815.75	195.75
7	JULIO	670	895.70	225.70	487.33	182.67	840.70	170.70
6	AGOSTO	760	929.24	169.24	541.42	218.58	866.42	106.42
	SEPTIEMBRE	930	962.78	32.78	620.00	310	892.93	- 37.08
	OCTUBRE	1630	996.32	- 633.68	745.27	884.73	920.24	- 709.76
	NOVIEMBRE	630	1029.85	399.85	1107.33	477.33	948.39	318.39
	DICIEMBRE	1000	1063.39	63.39	990.18	9.82	977.41	- 22.59
	ENERO	1250	1096.93	- 153.07	1028.18	221.82	1007.31	- 242.69
	FEBRERO	920	1130.47	210.47	1131.53	211.53	1038.12	118.12
	MARZO	1300	1164.01	- 135.99	1113.51	186.49	1069.83	- 230.17
	ABRIL	1020	1197.54	177.54	1199.61	179.61	1102.61	82.61
1	MAYO	2250	1231.08	-1018.92	1195.75	-1054.25	1136.34	-1113.66
9	JUNIO	1450	1264.62	- 185.38	1480.88	30.88	1171.10	- 278.90
7	JULIO	1250	1298.16	48.16	1531.76	281.76	1206.93	- 43.07
7	AGOSTO	1280	1331.70	51.70	1529.64	249.64	1243.85	- 36.15
	SEPTIEMBRE	1270	1365.23	95.23	1532.47	262.47	1281.90	11.90
	OCTUBRE	1520	1398.77	- 121.23	1531.66	11.66	1321.11	- 198.89
	NOVIEMBRE	1570	1432.31	- 137.69	1575.32	5.32	1361.53	- 208.47
	DICIEMBRE	1760	1465.85	- 294.15	1620.03	139.97	1403.18	- 356.82
	ENERO	2050	1499.39	- 550.61	2688.94	361.05	1446.10	- 603.90
	FEBRERO	1150	1532.92	382.92	1793.70	643.70	1490.34	340.34
	MARZO	1450	1566.46	116.46	1744.98	294.98	1535.93	85.93
	ABRIL	1750	1600.00	- 150.00	1746.09	3.91	1582.92	- 167.08
1	MAYO	1840	1633.54	- 206.46	1789.12	50.88	1631.34	- 208.66
9	JUNIO	1940	1667.08	- 272.92	1838.64	101.36	1681.25	- 258.75
7	JULIO	1950	1700.61	- 249.39	1895.01	54.99	1732.68	- 217.32
8	AGOSTO	1310	1734.15	424.15	1945.61	635.61	1785.69	475.69
	SEPTIEMBRE	1470	1767.69	297.69	1910.00	440	1840.31	370.31
	OCTUBRE	1700	1801.23	101.23	1896.89	196.89	1896.61	196.61
	NOVIEMBRE	1250	1834.77	584.77	1911.60	661.60	1954.63	704.63
	DICIEMBRE	1830	1868.30	38.30	1872.87	42.87	2014.43	184.43
	ENERO	—	1901.84	—	1901.84	—	2076.06	—
	FEBRERO	—	1935.38	—	1935.38	—	2139.56	—
	MARZO	—	1968.92	—	1968.92	—	2205.02	—
	ABRIL	—	2002.46	—	2002.46	—	2272.47	—
1	MAYO	—	2035.99	—	2035.99	—	2341.99	—
9	JUNIO	—	2069.53	—	2069.53	—	2413.63	—
7	JULIO	—	2103.07	—	2103.07	—	2487.47	—
9	AGOSTO	—	2136.61	—	2136.61	—	2563.57	—
	SEPTIEMBRE	—	2170.15	—	2170.15	—	2641.99	—
	OCTUBRE	—	2203.68	—	2203.68	—	2722.81	—
	NOVIEMBRE	—	2237.22	—	2237.22	—	2806.10	—
	DICIEMBRE	—	2270.76	—	2270.76	—	2891.95	—

## CUADRO # 4

MÉTODOS: Promedio móvil simple un término (PMS 1 T), promedio móvil simple dos términos (PMS 2T) y promedio móvil ajustado de dos términos (PMA 2T).

MES	VENTAS	P.M.S.1 T	ERROR	P.M.S.2 T	ERROR	P.M.A.2 T	ERROR
ENERO	850	—	—	—	—	—	—
FEBRERO	750	850	100	—	—	—	—
MARZO	650	750	100	800	150	—	—
ABRIL	520	650	130	700	180	550.0	30.0
1 MAYO	590	520	- 70	585	- 5	412.5	- 177.5
9 JUNIO	620	590	- 30	550	- 70	510.0	- 110.0
7 JULIO	670	620	- 50	605	- 65	680.0	10.0
6 AGOSTO	760	670	- 90	645	- 115	705.0	- 55.0
SEPTIEMBRE	930	760	- 170	715	- 215	820.0	- 110.0
OCTUBRE	1630	930	- 700	845	- 785	1040.0	- 590.0
NOVIEMBRE	630	1630	1000	1280	650	1932.5	1302.5
DICIEMBRE	1000	630	- 370	1130	130	905.0	- 95.0
ENERO	1250	1000	- 250	815	- 435	342.5	- 907.5
FEBRERO	920	1250	330	1125	205	1590.0	670.0
MARZO	1300	920	- 380	1085	- 215	1025.0	- 275.0
ABRIL	1020	1300	280	1110	90	1147.5	127.5
1 MAYO	2250	1020	-1230	1160	-1090	1235.0	-1015.0
9 JUNIO	1450	2250	800	1635	185	2347.5	897.
7 JULIO	1250	1450	200	1850	600	2172.5	922.5
7 AGOSTO	1280	1250	- 30	1350	70	600.0	- 680.0
SEPTIEMBRE	1270	1280	10	1265	- 5	1137.5	- 132.5
OCTUBRE	1520	1270	- 250	1276	- 244	1290.0	- 230.0
NOVIEMBRE	1570	1520	- 50	1395	- 175	1575.0	5.0
DICIEMBRE	1760	1570	- 190	1545	- 215	1770.0	10.0
ENERO	2050	1760	- 290	1665	385	1845.0	- 205.0
FEBRERO	1150	2050	900	1905	755	2265.0	1115.0
MARZO	1450	1150	- 300	1600	150	1142.5	- 307.5
ABRIL	1750	1450	- 300	1300	- 450	850.0	- 900.0
1 MAYO	1840	1750	- 90	1600	- 240	1150.0	- 696.0
9 JUNIO	1940	1840	- 100	1795	- 145	2087.5	147.5
7 JULIO	1950	1940	- 10	1890	- 60	2032.5	82.5
8 AGOSTO	1310	1950	640	1945	635	2027.5	717.5
SEPTIEMBRE	1470	1310	160	1630	160	1157.5	- 312.5
OCTUBRE	1700	1470	230	1390	- 310	1030.0	- 670.0
NOVIEMBRE	1250	1700	450	1585	335	1877.5	627.5
DICIEMBRE	1830	1250	- 580	1475	- 355	1310.0	- 520.0
ENERO	—	1830	—	1540	—	1637.5	—
FEBRERO	—	—	—	—	—	1702.5	—
MARZO	—	—	—	—	—	1767.5	—
ABRIL	—	—	—	—	—	1832.5	—
1 MAYO	—	—	—	—	—	1897.5	—
9 JUNIO	—	—	—	—	—	1962.5	—
7 JULIO	—	—	—	—	—	2027.5	—
9 AGOSTO	—	—	—	—	—	2092.5	—
SEPTIEMBRE	—	—	—	—	—	2157.5	—
OCTUBRE	—	—	—	—	—	2222.5	—
NOVIEMBRE	—	—	—	—	—	2287.5	—
DICIEMBRE	—	—	—	—	—	2352.5	—

## CUADRO # 5

MÉTODOS: Promedio móvil simple tres términos (PMS 3 T), promedio móvil ajustado - tres términos (PMA 3 T) y promedio móvil simple cuatro términos (PMS4 T)

MES	VENTAS	P.M.S.3 T	ERROR	P.M.A.3 T	ERROR	P.M.S.4 T	ERROR
ENERO	850	—	—	—	—	—	—
FEBRERO	750	—	—	—	—	—	—
MARZO	650	—	—	—	—	—	—
ABRIL	520	750.00	230.00	—	—	—	—
1 MAYO	590	640.00	50.00	—	—	692.5	102.5
9 JUNIO	620	586.67	- 33.33	442.23	- 177.77	627.5	7.5
7 JULIO	670	576.67	- 93.33	527.79	- 142.21	595.0	- 75.
6 AGOSTO	760	626.67	- 133.33	686.67	- 73.33	600.0	- 160.
SEPTIEMBRE	930	683.33	- 246.67	792.21	- 137.79	660.0	- 270
OCTUBRE	1630	786.67	- 843.33	962.23	- 667.77	745.0	- 885
NOVIEMBRE	630	1106.67	476.67	1602.23	972.23	997.5	367.5
DICIEMBRE	1000	1063.33	63.33	1218.87	218.87	987.5	- 12.3
ENERO	1250	1086.67	- 163.33	1088.89	- 161.11	1047.5	- 202.5
FEBRERO	920	960.00	40.00	806.66	- 113.34	1127.5	207.5
MARZO	1300	1056.67	- 243.33	1101.11	- 198.89	950.0	- 350.0
ABRIL	1020	1156.67	136.67	1354.45	334.45	1117.5	97.5
1 MAYO	2250	1080.00	-1170.00	1044.44	-1205.56	1122.5	-1127.5
9 JUNIO	1450	1523.33	73.33	2063.33	613.33	1372.5	- 77.5
7 JULIO	1250	1573.33	323.33	1935.55	685.55	1505.0	255
7 AGOSTO	1280	1650.00	370.00	1785.56	505.56	1492.5	212.5
SEPTIEMBRE	1270	1326.67	56.67	946.67	- 323.33	1557.5	287.5
OCTUBRE	1520	1266.67	- 253.33	971.11	- 548.89	1312.5	- 207.5
NOVIEMBRE	1570	1356.67	- 213.33	1436.67	- 133.33	1330.0	- 240
DICIEMBRE	1760	1453.33	- 306.67	1642.21	- 117.79	1410.0	- 350
ENERO	2050	1616.67	- 433.33	1898.89	- 151.11	1530.0	- 520
FEBRERO	1150	1793.33	643.33	2137.77	987.77	1725.0	575
MARZO	1450	1653.33	203.33	1584.43	134.43	1632.5	182.5
ABRIL	1750	1550.00	- 200.00	1318.90	- 431.10	1602.5	- 147.5
1 MAYO	1840	1450.00	- 390.00	1247.78	- 592.22	1600.0	- 240
9 JUNIO	1940	1680.00	- 260.00	1920.00	- 20.00	1547.5	- 392.5
7 JULIO	1950	1643.33	- 106.67	2214.43	264.43	1745.0	- 205
8 AGOSTO	1310	1910.00	600.00	2107.78	797.78	1870.0	560
SEPTIEMBRE	1470	1733.33	263.33	1542.21	72.21	1760.0	290
OCTUBRE	1700	1576.67	- 123.33	1250.00	- 450	1667.5	- 32.5
NOVIEMBRE	1250	1493.33	243.33	1277.77	27.77	1607.5	357.5
DICIEMBRE	1830	1473.33	- 356.67	1391.11	- 438.89	1432.5	- 397.5
ENERO	—	1593.33	—	1739.99	—	1562.5	—
FEBRERO	—	—	—	1813.32	—	—	—
MARZO	—	—	—	1886.65	—	—	—
ABRIL	—	—	—	1959.98	—	—	—
1 MAYO	—	—	—	2033.31	—	—	—
9 JUNIO	—	—	—	2106.64	—	—	—
7 JULIO	—	—	—	2179.97	—	—	—
9 AGOSTO	—	—	—	2253.30	—	—	—
SEPTIEMBRE	—	—	—	2326.63	—	—	—
OCTUBRE	—	—	—	2399.96	—	—	—
NOVIEMBRE	—	—	—	2473.29	—	—	—
DICIEMBRE	—	—	—	2546.62	—	—	—

## CUADRO #5

MÉTODOS: Promedio móvil ajustado cuatro términos (PMA 4 T), promedio ponderado exponencialmente  $\alpha=0.5$  (PPE  $\alpha=0.1$ ) y promedio ponderado exponencialmente ajustado  $\alpha=0.1$  (PPEA  $\alpha=0.1$ ).

MES	VENTAS	P.M.A 4 T	ERROR	P.P.E $\alpha=0.5$	ERROR	PPEA $\alpha=0.1$	ERROR
ENERO	850	—	—	—	—	—	—
FEBRERO	750	—	—	850.00	100	850.00	100
MARZO	650	—	—	840.00	190	830.00	180
ABRIL	520	—	—	821.00	301	793.00	273
MAYO	590	—	—	790.90	200.9	735.60	145.6
JUNIO	620	—	—	770.81	150.81	700.94	80.94
JULIO	670	—	—	755.73	85.73	677.77	7.77
AGOSTO	760	552.08	- 207.92	747.16	- 12.84	689.43	- 71.57
SEPTIEMBRE	930	725.62	- 204.38	748.44	- 81.56	678.86	- 251.14
OCTUBRE	1630	903.33	- 726.67	766.60	- 863.40	722.26	- 907.74
NOVIEMBRE	630	1408.96	778.96	852.94	22.94	899.37	269.37
DICIEMBRE	1000	1220.83	220.83	830.64	- 169.36	850.13	- 149.87
ENERO	1250	1219.37	- 30.63	847.58	- 402.42	882.06	- 367.94
FEBRERO	920	1273.33	353.33	887.82	- 32.18	959.09	39.09
MARZO	1300	819.79	- 480.21	891.04	- 408.96	958.81	- 341.19
ABRIL	1020	1212.29	192.29	931.93	- 88.07	1033.81	13.81
MAYO	2250	1194.37	-1055.63	940.74	-1309.26	1041.24	-1208.76
JUNIO	1450	1758.96	308.96	1071.67	- 378.33	1293.05	- 156.95
JULIO	1250	1881.04	631.04	1109.50	- 140.50	1346.57	96.57
AGOSTO	1280	1691.46	411.46	1123.55	- 156.45	1350.96	70.96
SEPTIEMBRE	1270	1883.54	413.54	1139.20	- 130.80	1359.52	89.52
OCTUBRE	1520	1055.21	- 464.79	1152.28	- 367.72	1363.65	- 156.35
NOVIEMBRE	1570	1174.79	- 395.21	1189.05	- 380.95	1416.05	- 153.25
DICIEMBRE	1760	1422.50	- 337.5	1227.14	- 532.86	1469.53	- 290.47
ENERO	2050	1753.96	- 296.04	1280.43	- 769.57	1551.87	- 498.13
FEBRERO	1150	2102.08	952.08	1357.39	207.39	1678.65	528.65
MARZO	1450	1729.37	279.37	1336.65	- 113.35	1605.04	155.04
ABRIL	1750	1569.17	- 180.83	1347.98	- 402.02	1600.86	- 149.14
MAYO	1840	1533.33	- 306.67	1388.18	- 451.82	1655.97	- 184.03
JUNIO	1940	1467.29	- 472.71	1433.37	- 506.63	1719.47	- 220.53
JULIO	1950	1947.08	- 2.92	1484.03	- 465.97	1792.19	- 157.81
AGOSTO	1310	2168.96	858.96	1530.63	220.63	1854.57	544.57
SEPTIEMBRE	1470	1808.96	338.96	1508.56	38.56	1778.05	308.05
OCTUBRE	1700	1512.29	- 187.71	1504.71	- 195.29	1743.39	43.39
NOVIEMBRE	1250	1409.58	159.58	1524.24	274.24	1758.58	508.58
DICIEMBRE	1830	1125.21	- 704.79	1496.81	- 333.19	1680.30	- 149.70
ENERO	—	1554.17	—	1530.00	—	1728.58	—
FEBRERO	—	1550.83	—	—	—	1748.43	—
MARZO	—	1547.50	—	—	—	1768.28	—
ABRIL	—	1544.17	—	—	—	1788.12	—
MAYO	—	1540.83	—	—	—	1807.97	—
JUNIO	—	1537.50	—	—	—	1827.81	—
JULIO	—	1534.17	—	—	—	1847.66	—
AGOSTO	—	1530.83	—	—	—	1867.50	—
SEPTIEMBRE	—	1527.50	—	—	—	1887.35	—
OCTUBRE	—	1524.17	—	—	—	1907.19	—
NOVIEMBRE	—	1520.83	—	—	—	1927.04	—
DICIEMBRE	—	1517.5	—	—	—	1946.88	—



## CUADRO # 7

MÉTODOS: Promedio ponderado exponencialmente con  $\alpha=.2$  (PPE $\alpha=.2$ ), promedio ponderado exponencialmente ajustado con  $\alpha=.2$  (PPEA $\alpha=.2$ ) y promedio ponderado exponencialmente  $\alpha=.3$  (PPE $\alpha=.3$ )

MES	VENTAS	P.P.E $\alpha=.2$	ERROR	P.P.EA $\alpha=.2$	ERROR	P.P.E $\alpha=.3$	ERROR
ENERO	850	—	—	—	—	—	—
FEBRERO	750	850	100	850	100	850	100
MARZO	650	830	180	810	160	820	170
ABRIL	520	794	274	742	222	760	240
MAYO	590	739.2	149.2	642.8	52.8	694.3	104.3
JUNIO	620	709.36	89.36	602.4	17.6	663.01	43.01
JULIO	670	691.49	21.49	588.05	81.95	650.11	19.89
AGOSTO	760	687.19	72.81	600.14	159.86	656.07	103.93
SEPTIEMBRE	930	701.75	228.25	646.68	283.32	687.25	242.75
OCTUBRE	1630	747.40	882.60	748.99	881.01	760.08	869.92
NOVIEMBRE	630	923.92	293.92	1101.71	471.71	1021.05	391.05
DICIEMBRE	1000	865.14	134.86	948.59	51.41	903.74	96.26
ENERO	1250	892.11	357.89	985.54	265.46	932.62	317.38
FEBRERO	920	963.69	43.69	1110.25	190.25	1027.83	107.83
MARZO	1300	954.95	345.05	1063.46	236.54	995.48	304.52
ABRIL	1020	1023.96	3.96	1179.79	159.79	1086.84	66.84
MAYO	2250	1023.17	1226.83	1149.05	1100.95	1066.79	1183.21
JUNIO	1450	1268.53	181.47	1612.98	162.98	1421.75	28.25
JULIO	1250	1304.83	54.83	1616.69	366.69	1430.23	180.23
AGOSTO	1280	1293.86	13.86	1532.39	252.39	1376.16	96.16
SEPTIEMBRE	1270	1291.09	21.09	1479.14	209.14	1347.31	77.31
OCTUBRE	1520	1286.87	233.13	1433.08	86.92	1324.12	195.88
NOVIEMBRE	1570	1333.50	236.50	1497.10	72.90	1382.88	187.12
DICIEMBRE	1760	1380.80	379.20	1558.99	201.01	1439.02	320.98
ENERO	2050	1456.64	593.36	1657.03	392.97	1535.31	514.69
FEBRERO	1150	1575.31	425.31	1868.69	718.69	1689.72	539.72
MARZO	1450	1490.25	40.25	1639.89	189.89	1527.80	77.80
ABRIL	1750	1482.2	267.8	1593.86	156.14	1504.46	245.54
MAYO	1840	1535.76	304.24	1678.55	161.35	1578.12	261.88
JUNIO	1940	1596.61	343.39	1771.77	168.23	1656.69	283.31
JULIO	1950	1665.29	284.71	1874.10	75.90	1741.68	208.32
AGOSTO	1310	1722.23	412.23	1946.22	636.22	1804.18	494.18
SEPTIEMBRE	1470	1639.78	169.78	1736.52	266.52	1655.92	185.92
OCTUBRE	1700	1605.83	94.17	1649.27	50.73	1600.15	99.85
NOVIEMBRE	1250	1624.66	374.66	1678.25	428.25	1630.10	380.10
DICIEMBRE	1830	1549.73	280.27	1517.67	312.33	1516.07	313.93
ENERO	—	1605.78	—	1636.18	—	1610.25	—
FEBRERO	—	—	—	1642.26	—	—	—
MARZO	—	—	—	1648.34	—	—	—
ABRIL	—	—	—	1654.42	—	—	—
MAYO	—	—	—	1660.50	—	—	—
JUNIO	—	—	—	1666.58	—	—	—
JULIO	—	—	—	1672.66	—	—	—
AGOSTO	—	—	—	1678.74	—	—	—
SEPTIEMBRE	—	—	—	1684.82	—	—	—
OCTUBRE	—	—	—	1690.96	—	—	—
NOVIEMBRE	—	—	—	1696.98	—	—	—
DICIEMBRE	—	—	—	1703.06	—	—	—

## CUADRO # 8

METODO: Promedio ponderado exponencialmente con  
Ajuste de Tendencia  $\alpha = .3$  y curva Pro-  
resiva.

MESES	VENTAS	PPEA $\alpha = .3$	ERROR	CURVA P. I.	ERROR
ENERO	850				
FEBRERO	750	850	100	850	100
MARZO	650	790	140	661.75	11.75
ABRIL	520	697	177	570.09	50.09
MAYO	590	589.2	- 20.8	454.68	- 135.32
JUNIO	620	544.15	- 75.85	476.42	- 143.58
JULIO	670	554.01	- 115.99	508.87	- 161.13
AGOSTO	760	594.76	- 165.24	554.07	- 105.93
SEPTIEMBRE	930	675.51	- 254.49	621.85	- 308.15
OCTUBRE	1630	824.69	- 805.31	731.64	- 898.36
NOVIEMBRE	630	1327.25	697.25	1018.71	388.71
DICIEMBRE	1000	1000.77	0.77	903.06	- 96.94
ENERO	1250	1027.42	- 222.58	965.06	- 284.94
FEBRERO	920	1190.80	270.80	1083.66	163.66
MARZO	1300	1077.21	- 222.79	1081.49	- 218.51
ABRIL	1020	1235.41	215.41	1182.39	162.39
MAYO	2250	1150.73	-1099.27	1191.77	-1058.23
JUNIO	1450	1835.48	385.48	1442.59	7.41
JULIO	1250	1728.32	478.32	1524.31	274.31
AGOSTO	1280	1530.75	250.75	153.17	263.17
SEPTIEMBRE	1270	1426.67	156.67	1564.15	294.15
OCTUBRE	1520	1356.49	- 163.51	1577.03	57.03
NOVIEMBRE	1570	1464.29	- 105.71	1639.42	69.42
DICIEMBRE	1760	1552.15	- 207.85	1702.23	57.77
ENERO	2050	1710.80	- 339.2	1789.69	260.31
FEBRERO	1150	1966.96	816.96	1912.94	762.94
MARZO	1450	1559.96	109.96	1852.51	402.51
ABRIL	1750	1503.63	- 246.37	1862.91	112.91
MAYO	1840	1651.19	- 188.81	1921.39	81.38
JUNIO	1940	1766.42	- 153.58	1986.83	46.83
JULIO	1950	1917.48	- 32.52	2059.46	209.46
AGOSTO	1310	1989.74	679.74	2126.43	816.43
SEPTIEMBRE	1470	1637.55	167.55	2080.36	610.36
OCTUBRE	1700	2531.52	- 168.48	1067.50	367.50
NOVIEMBRE	1250	1612.01	362.01	1090.37	840.37
DICIEMBRE	1830	1389.37	- 440.63	2037.33	207.33
ENERO		1615.75		2014.04	
FEBRERO		1617.40		2139.56	
MARZO		1619.05		2205.01	
ABRIL		1620.70		2272.47	
MAYO		1622.35		2341.98	
JUNIO		1624.00		2413.63	
JULIO		1625.65		2487.47	
AGOSTO		1627.30		2563.56	
SEPTIEMBRE		1628.95		2641.98	
OCTUBRE		1630.60		2722.81	
NOVIEMBRE		1632.25		1806.10	
DICIEMBRE		1633.90		2891.94	

## CUADRO #9

MÉTODOS: Promedio móvil simple de 5 términos (PMS, 5 T), promedio móvil simple de 6 términos (PMS, 6 T) promedio móvil ajustado de 5 términos (PMA, 5T).

MES	VENTAS	PMS, 5 T	ERROR	PMA, 5T	ERROR	PMS, 6T	ERROR
ENERO	850	—	—	—	—	—	—
FEBRERO	750	—	—	—	—	—	—
MARZO	650	—	—	—	—	—	—
ABRIL	520	—	—	—	—	—	—
1 MAYO	590	—	—	—	—	—	—
9 JUNIO	620	672	52	—	—	—	—
7 JULIO	670	626	- 44	—	—	663	- 7
6 AGOSTO	760	610	- 150	—	—	663	- 127
SEPTIEMBRE	930	632	- 290	—	—	635	- 295
OCTUBRE	1630	714	- 916	809	- 821	682	- 948
NOVIEMBRE	630	922	292	1254	624	867	237
DICIEMBRE	1000	924	- 76	1169	169	873	- 127
ENERO	1250	990	- 260	1220	- 30	937	- 313
FEBRERO	920	1088	168	1329	409	1033	113
MARZO	1300	1086	- 214	1212	- 88	1060	- 240
ABRIL	1020	1020	0	1018	- 2	1122	102
1 MAYO	2250	1098	-1152	1160	-1090	1020	-1230
9 JUNIO	1450	1348	- 102	1678	228	1290	- 160
7 JULIO	1250	1308	138	1688	938	1365	115
7 AGOSTO	1280	1454	174	1743	463	1365	85
SEPTIEMBRE	1270	1450	180	1604	334	1425	155
OCTUBRE	1520	1500	- 20	1608	88	1420	- 100
NOVIEMBRE	1570	1354	- 216	1241	- 329	1503	- 67
DICIEMBRE	1760	1378	- 382	1304	- 456	1390	- 370
ENERO	2050	1480	- 570	1551	- 499	1442	- 608
FEBRERO	1150	1634	484	1881	731	1575	425
MARZO	1450	1610	160	1788	338	1553	103
ABRIL	1750	1596	- 154	1680	- 70	1583	- 167
1 MAYO	1840	1632	- 208	1694	- 146	1672	- 168
9 JUNIO	1940	1648	- 292	1684	- 256	1667	- 273
7 JULIO	1950	1626	- 324	1631	- 319	1697	- 253
8 AGOSTO	1310	1786	476	1979	669	1680	370
SEPTIEMBRE	1470	1758	288	1860	390	1707	237
OCTUBRE	1700	1702	2	1699	- 1	1710	10
NOVIEMBRE	1250	1674	424	1621	371	1702	452
DICIEMBRE	1830	1536	- 294	1303	- 527	1603	- 227
ENERO	—	1512	—	1325	—	1585	—
FEBRERO	—	—	—	1263	—	—	—
MARZO	—	—	—	1201	—	—	—
ABRIL	—	—	—	1139	—	—	—
1 MAYO	—	—	—	1077	—	—	—
9 JUNIO	—	—	—	1014	—	—	—
7 JULIO	—	—	—	952	—	—	—
9 AGOSTO	—	—	—	890	—	—	—
SEPTIEMBRE	—	—	—	829	—	—	—
OCTUBRE	—	—	—	766	—	—	—
NOVIEMBRE	—	—	—	703	—	—	—
DICIEMBRE	—	—	—	541	—	—	—

## CUADRO #10

MÉTODOS: Promedio móvil ajustado de 6 términos (P.M.A., 6 T), promedio ponderado exponencialmente con  $\alpha = 0.4$  (P.P.E.,  $\alpha = 0.4$ ) y promedio ponderado exponencialmente ajustado con  $\alpha = 0.4$  (P.P.E.A.,  $\alpha = 0.4$ )

MES	VENTAS	PMA, 6 T	ERROR	PPE, $\alpha = 0.4$	ERROR	PPEA, $\alpha = 0.4$	ERROR
ENERO	850	—	—	—	—	—	—
FEBRERO	750	—	—	850	100	850	100
MARZO	650	—	—	810	160	770	120
ABRIL	520	—	—	746	226	658	138
MAYO	590	—	—	656	66	512	78
JUNIO	620	—	—	629	9	517	103
JULIO	670	—	—	626	41	555	115
AGOSTO	760	—	—	643	117	619	141
SEPTIEMBRE	930	—	—	690	240	722	208
OCTUBRE	1630	—	—	786	844	901	729
NOVIEMBRE	630	—	—	1124	494	1530	900
DICIEMBRE	1000	1080	80	926	74	973	27
ENERO	1250	1168	82	956	294	1013	237
FEBRERO	920	1307	387	1073	153	1226	306
MARZO	1300	1272	28	1012	288	1042	258
ABRIL	1020	1317	297	1127	107	1260	240
MAYO	2250	1038	1212	1084	1166	1121	1129
JUNIO	1450	1588	138	1551	101	2039	589
JULIO	1250	1668	418	1510	260	1763	513
AGOSTO	1280	1591	311	1406	126	1454	174
SEPTIEMBRE	1270	1650	380	1356	86	1334	64
OCTUBRE	1520	1568	48	1321	199	1274	246
NOVIEMBRE	1570	1655	85	1401	169	1452	118
DICIEMBRE	1760	1360	400	1469	291	1567	193
ENERO	2050	1466	584	1585	465	1761	289
FEBRERO	1150	1737	587	1771	621	2062	912
MARZO	1450	1655	205	1522	72	1449	1
ABRIL	1750	1689	61	1493	257	1420	330
MAYO	1840	1754	86	1596	244	1655	185
JUNIO	1940	1797	143	1694	246	1826	114
JULIO	1950	1809	141	1792	158	1970	20
AGOSTO	1310	1745	435	1855	645	2025	715
SEPTIEMBRE	1470	1773	303	1637	167	1521	51
OCTUBRE	1700	1751	51	1570	130	1434	256
NOVIEMBRE	1250	1713	463	1622	372	1592	342
DICIEMBRE	1830	1492	338	1473	357	1306	524
ENERO	—	1473	—	1616	—	1659	—
FEBRERO	—	1442	—	—	—	1675	—
MARZO	—	1410	—	—	—	1692	—
ABRIL	—	1378	—	—	—	1709	—
MAYO	—	1346	—	—	—	1727	—
JUNIO	—	1315	—	—	—	1744	—
JULIO	—	1283	—	—	—	1761	—
AGOSTO	—	1251	—	—	—	1778	—
SEPTIEMBRE	—	1220	—	—	—	1795	—
OCTUBRE	—	1188	—	—	—	1812	—
NOVIEMBRE	—	1156	—	—	—	1829	—
DICIEMBRE	—	1124	—	—	—	1846	—

## CUADRO #11

METODOS: Curva de potencia y Curva de potencia progresiva.

MES	VENTAS	CURVA POT.	ERROR	CURVA POT. P	ERROR
ENERO	850	461	- 389	—	—
FEBRERO	750	590	- 160	850	100
MARZO	650	682	32	697	47
ABRIL	520	755	235	618	98
1 MAYO	590	818	228	520	- 70
9 JUNIO	620	873	253	524	- 96
7 JULIO	670	922	252	540	- 130
6 AGOSTO	760	967	207	567	- 193
SEPTIEMBRE	930	1008	78	609	- 321
OCTUBRE	1630	1047	- 583	677	- 953
NOVIEMBRE	630	1083	453	837	207
DICIEMBRE	1000	1117	117	794	- 206
ENERO	1250	1150	- 100	837	- 413
FEBRERO	920	1181	261	908	- 12
MARZO	1300	1210	- 90	920	- 380
ABRIL	1020	1238	218	981	- 39
1 MAYO	2250	1265	- 985	997	-1253
9 JUNIO	1450	1291	- 159	1127	- 323
7 JULIO	1250	1316	66	1181	- 69
7 AGOSTO	1280	1341	61	1206	- 74
SEPTIEMBRE	1270	1364	94	1232	- 38
OCTUBRE	1520	1387	- 133	1252	- 268
NOVIEMBRE	1570	1409	- 161	1294	- 276
DICIEMBRE	1760	1431	- 325	1337	- 423
ENERO	2050	1452	- 598	1389	- 661
FEBRERO	1150	1472	322	1958	308
MARZO	1450	1492	42	1447	- 3
ABRIL	1750	1512	- 238	1465	- 285
1 MAYO	1840	1531	- 300	1504	- 336
9 JUNIO	1940	1549	- 391	1546	- 394
7 JULIO	1950	1567	- 383	1591	- 359
8 AGOSTO	1310	1585	275	1633	323
SEPTIEMBRE	1470	1603	133	1627	157
OCTUBRE	1700	1620	- 80	1633	- 67
NOVIEMBRE	1250	1637	387	1654	405
DICIEMBRE	1830	1653	- 177	1643	- 187
ENERO	—	1670	—	1670	—
FEBRERO	—	1685	—	1685	—
MARZO	—	1701	—	1701	—
ABRIL	—	1717	—	1717	—
1 MAYO	—	1732	—	1732	—
9 JUNIO	—	1747	—	1747	—
7 JULIO	—	1761	—	1761	—
9 AGOSTO	—	1776	—	1776	—
SEPTIEMBRE	—	1790	—	1790	—
OCTUBRE	—	1804	—	1804	—
NOVIEMBRE	—	1818	—	1818	—
DICIEMBRE	—	1832	—	1832	—

## CUADRO # 12

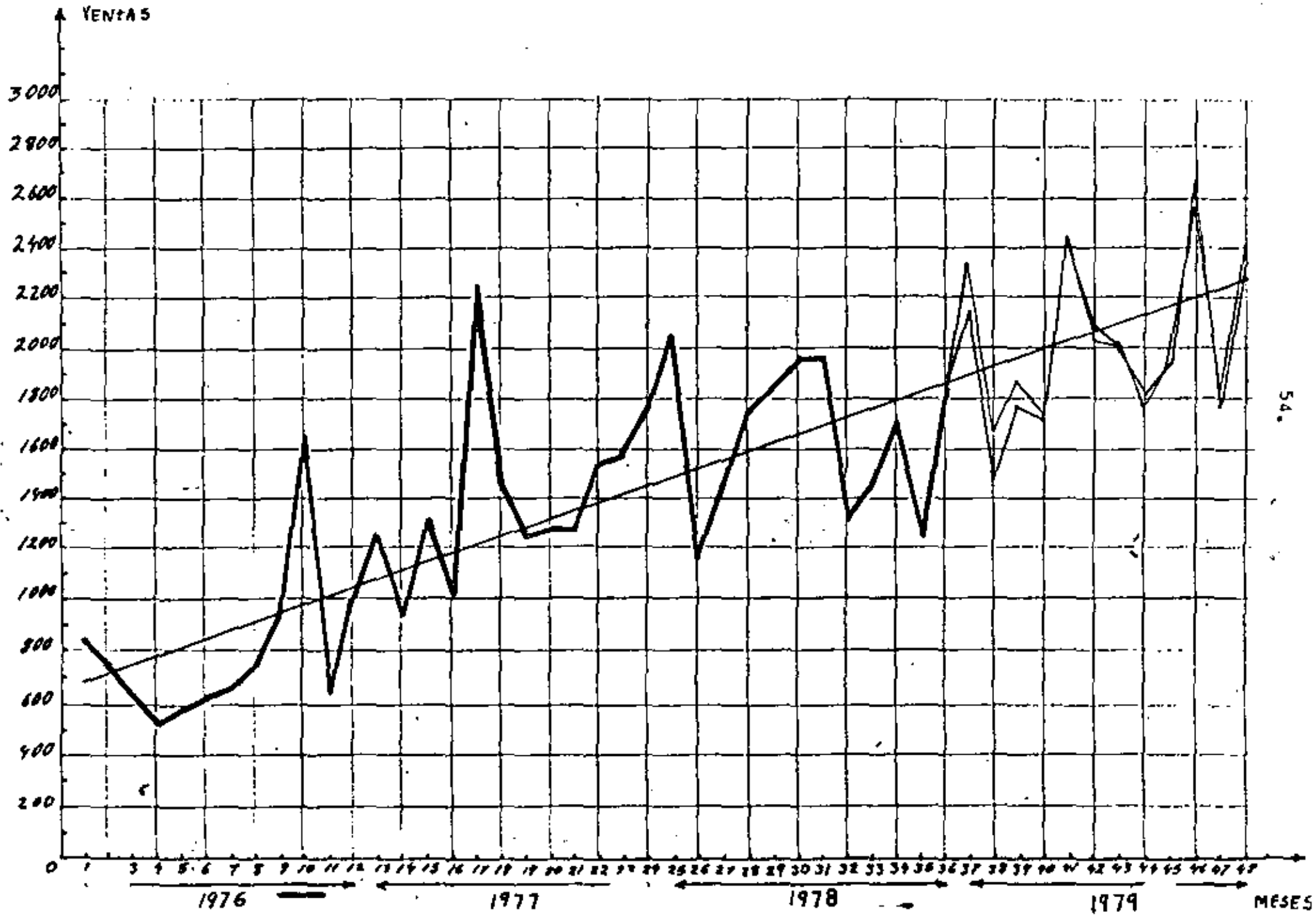
## EVALUACION DE LOS 25 METODOS DE PRONOSTICOS

M E T O D O S	\bar{E}	\bar{E}
Ajuste de una línea recta (*)	20.31	0
Recta progresiva (*)	21.13	18
Ajuste de una curva exponencial (*)	19.98	-33
Curva exponencial progresiva (*)	23.08	67
Ajuste de una curva de potencia (*)	21.37	-43
Curva de potencia progresiva (*)	19.75 (6)	-174
Promedio móvil simple, 1 término	25.73	-28
Promedio móvil simple, 2 términos	23.12	-38
Promedio móvil simple, 3 términos	21.69	-54
Promedio móvil simple, 4 términos	21.49	-75
Promedio móvil simple, 5 términos	19.51 (4)	-91
Promedio móvil simple, 6 términos	18.83 (7)	-109
Promedio móvil ajustado, 2 términos (*)	35.24	-40
Promedio móvil ajustado, 3 términos (*)	29.81	-15
Promedio móvil ajustado, 4 términos (*)	31.50	-5
Promedio móvil ajustado, 5 términos (*)	26.78	23
Promedio móvil ajustado, 6 términos (*)	19.96 (7)	45
Prom. pond. exp., $\alpha = 0.1$	22.35	-187
Prom. pond. exp., $\alpha = 0.2$	19.39 (2)	-105
Prom. pond. exp., $\alpha = 0.3$	19.65 (5)	-70
Prom. pond. exp., $\alpha = 0.4$	25.04	-55
Prom. pond. exp. ajustada, $\alpha = 0.1$ (*)	19.47 (3)	-51
Prom. pond. exp. ajustada, $\alpha = 0.2$ (*)	21.10	-5
Prom. pond. exp. ajustada, $\alpha = 0.3$ (*)	23.04	-0.5
Prom. pond. exp. ajustada, $\alpha = 0.4$ (*)	25.04	-5

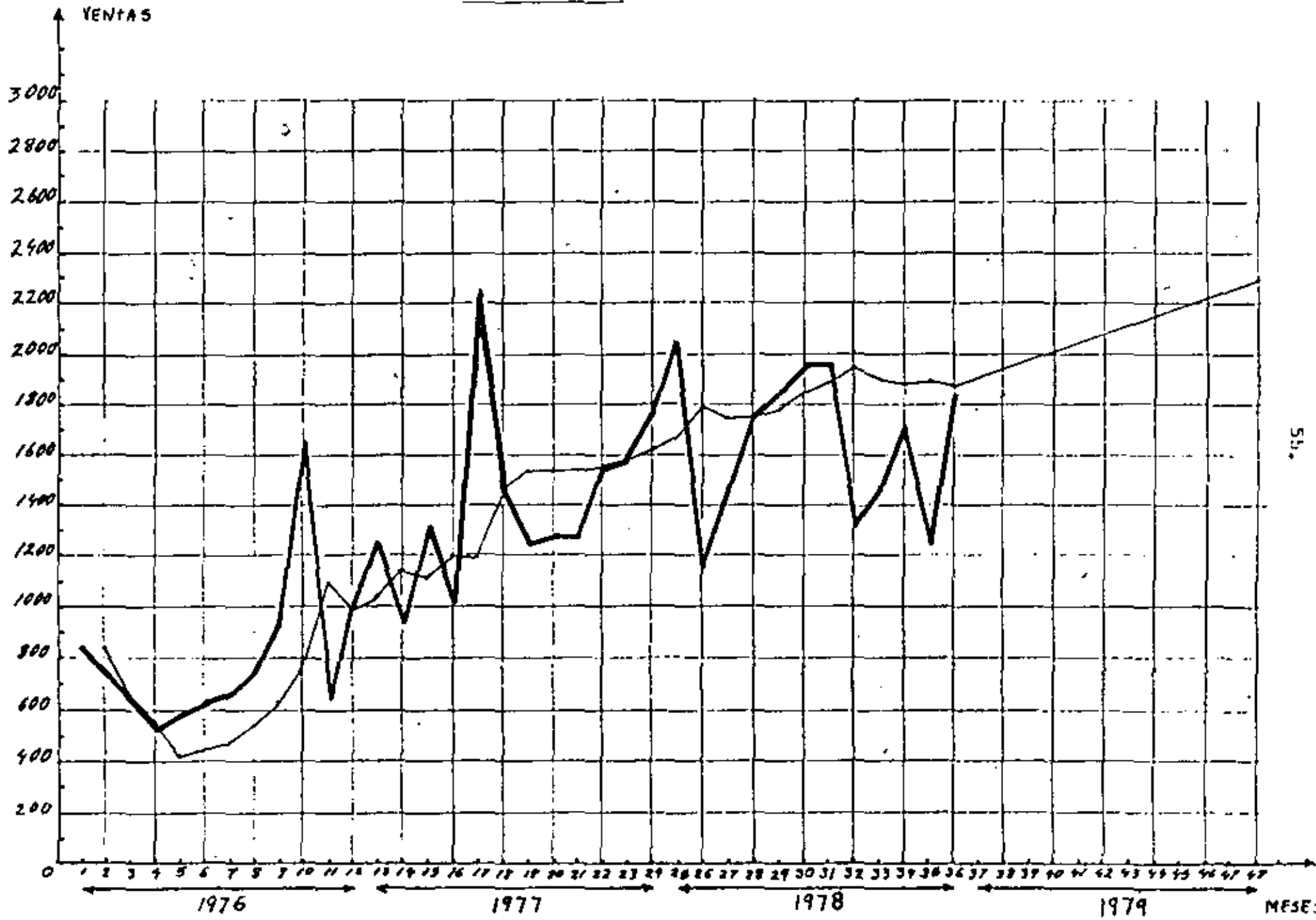
(\*) Métodos que permiten pronosticar las ventas de los 12 meses de 1979.

GRAFICA # 2

RECTA DE MINIMOS CUADRADOS



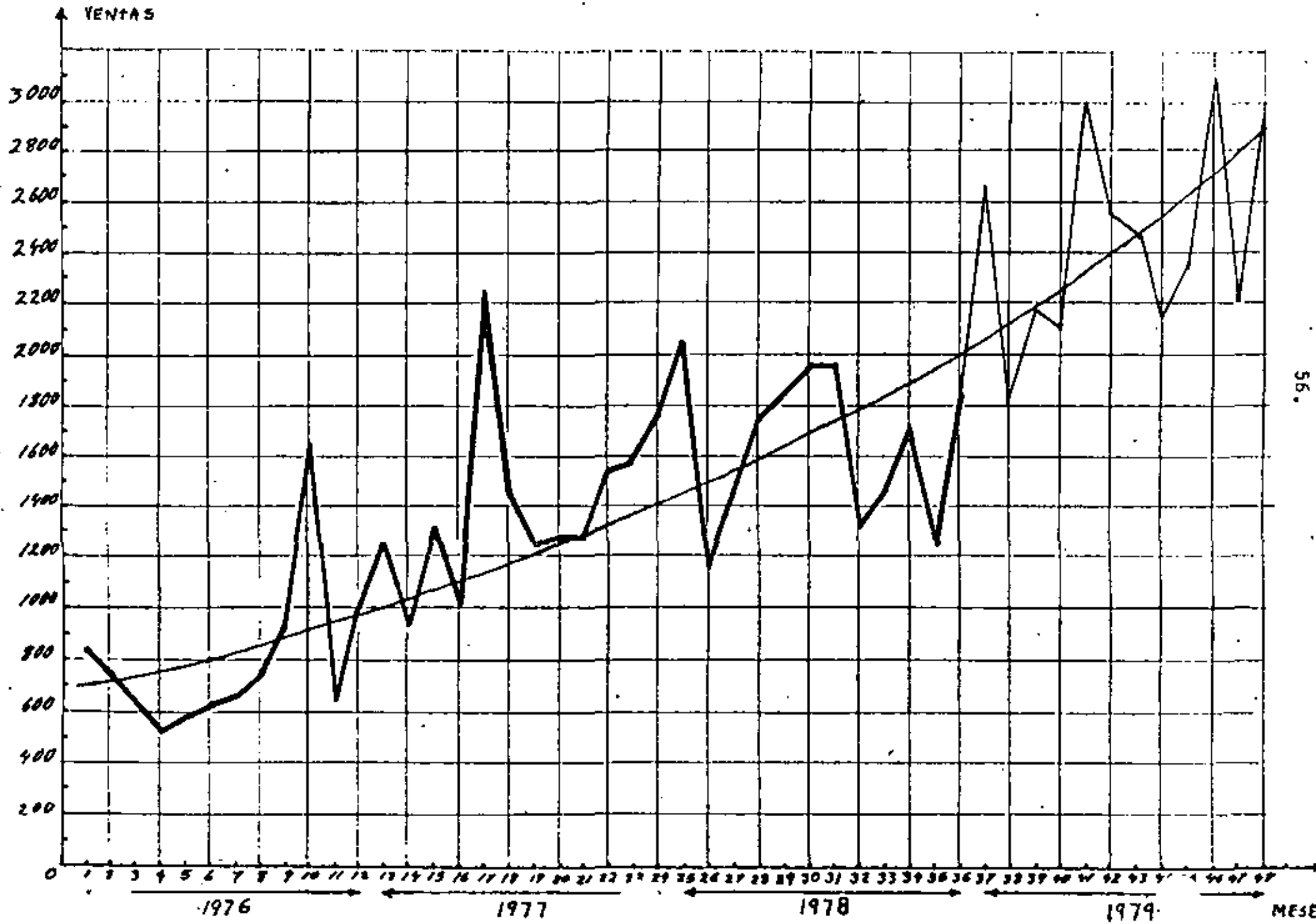
RECTA PROGRESIV

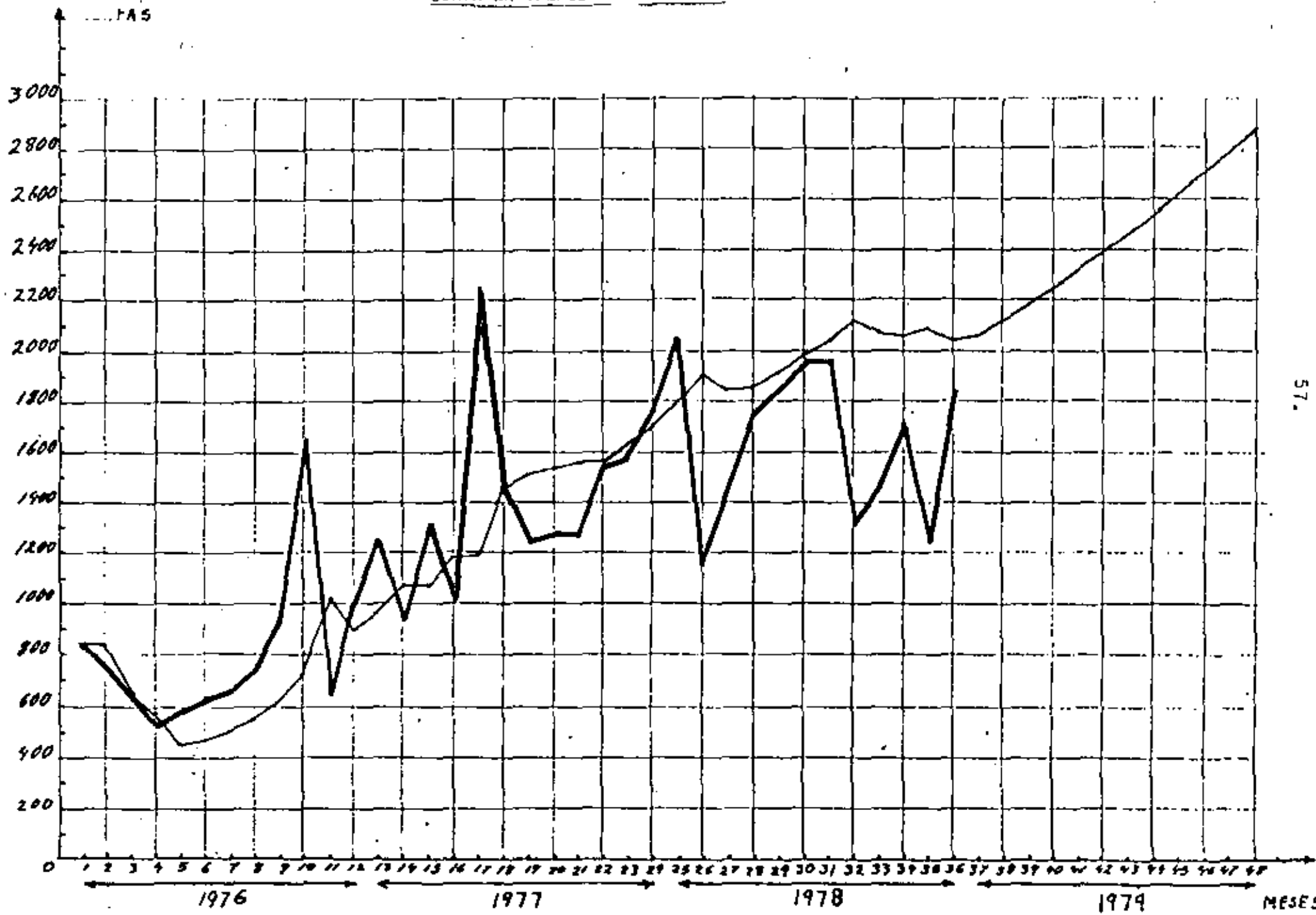


55

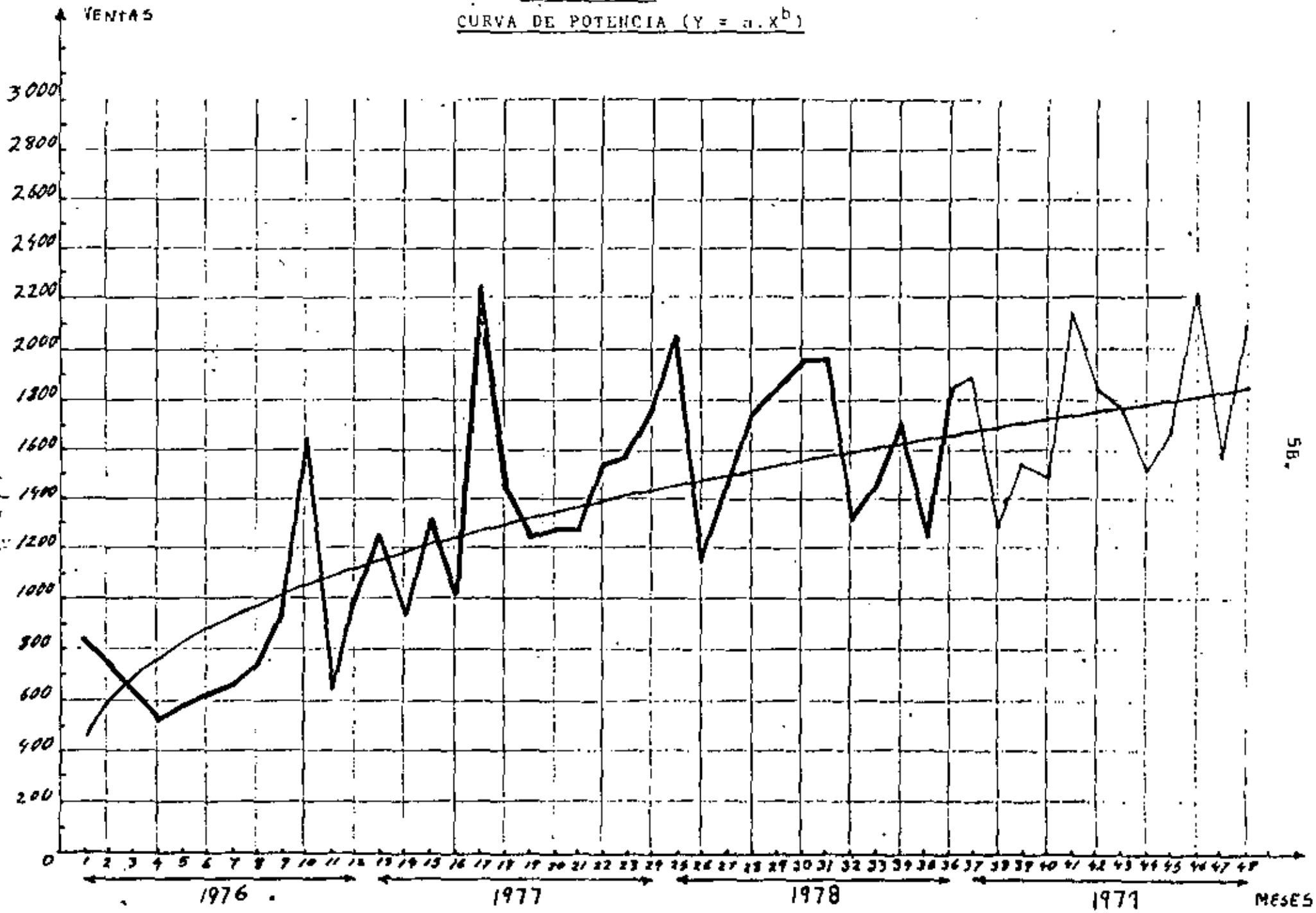


GRAFICA J. 0  
CURVA EXPONENCIAL



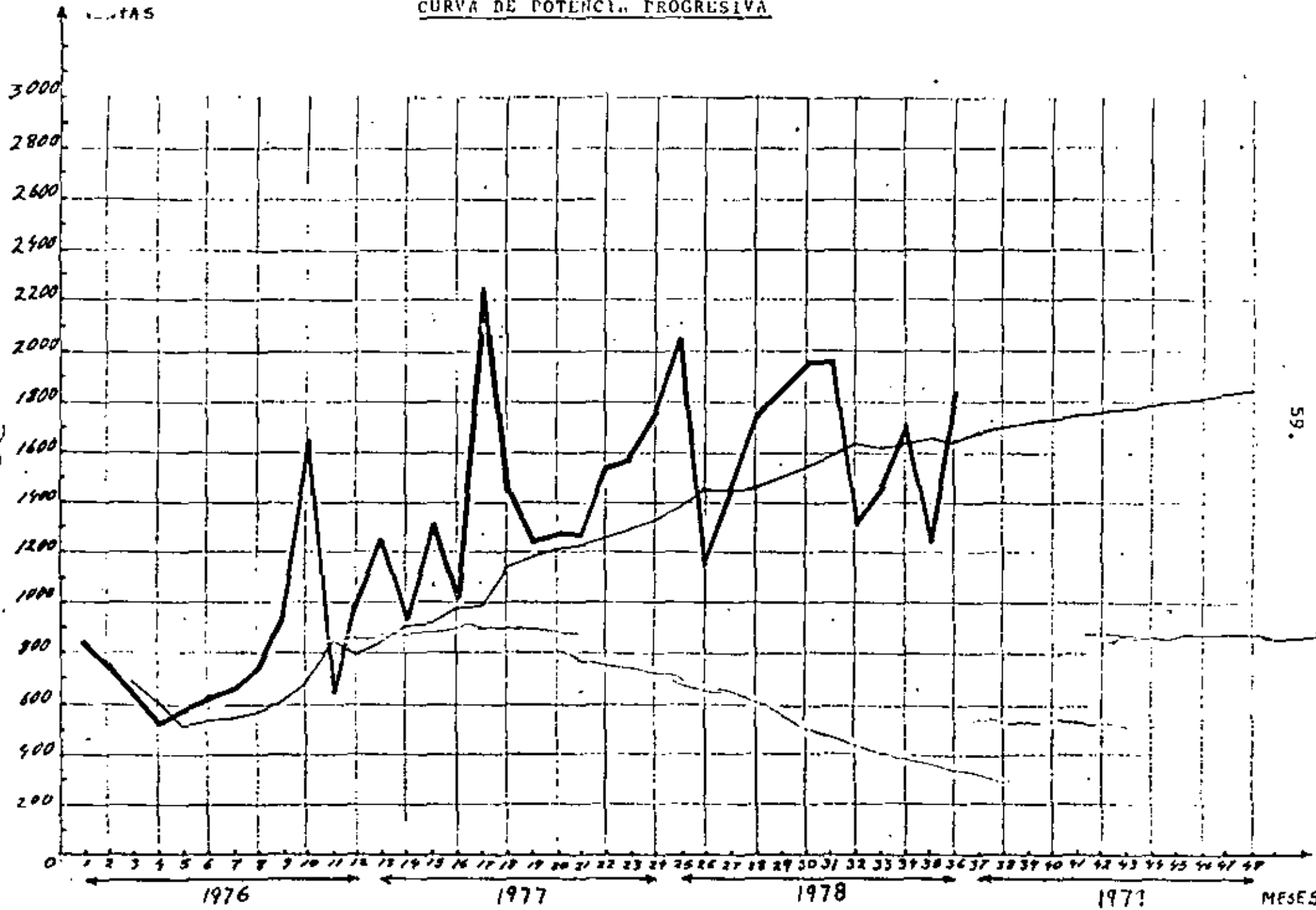


GRAFICA #6  
 CURVA DE POTENCIA ( $Y = a \cdot X^b$ )

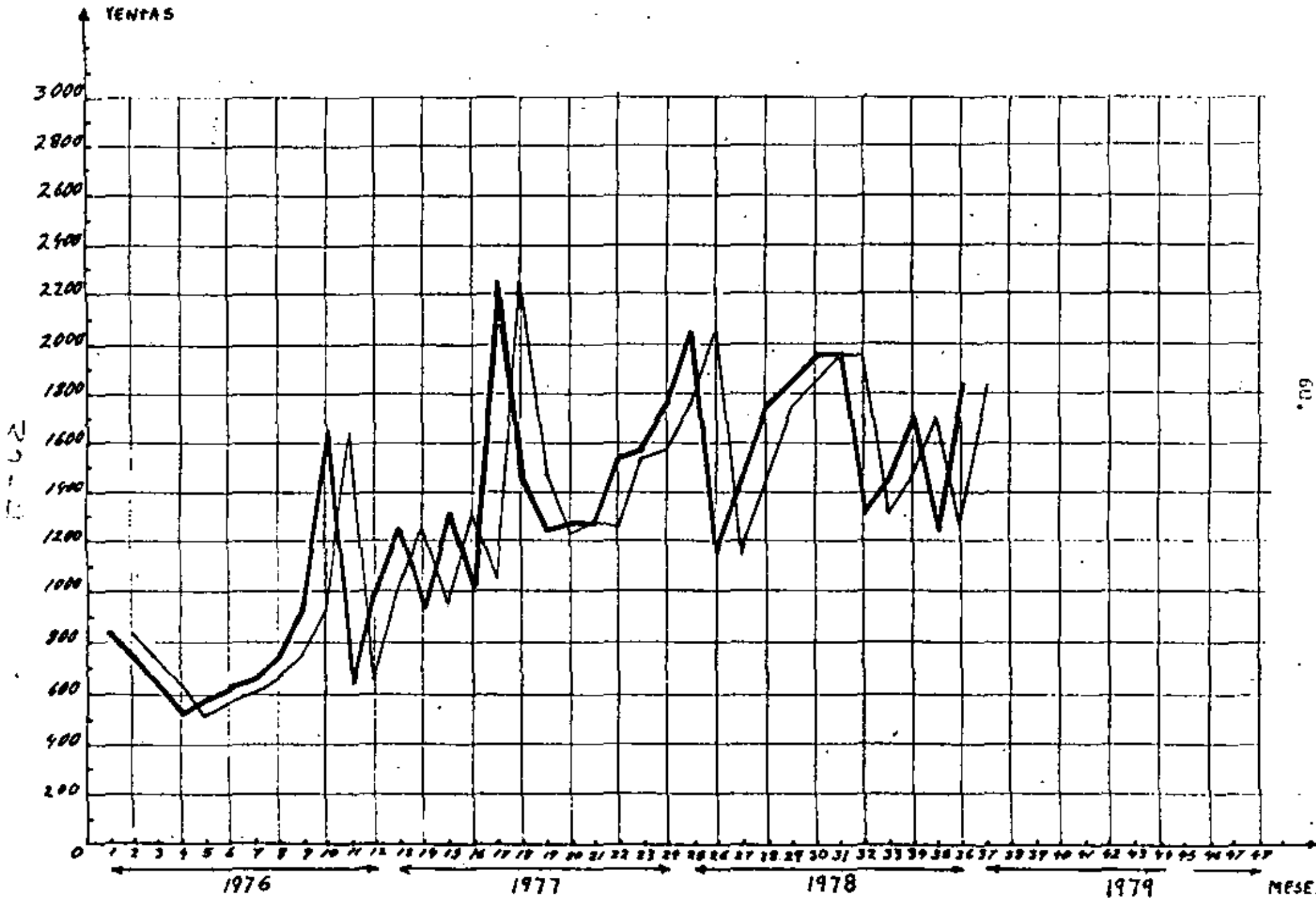


58.

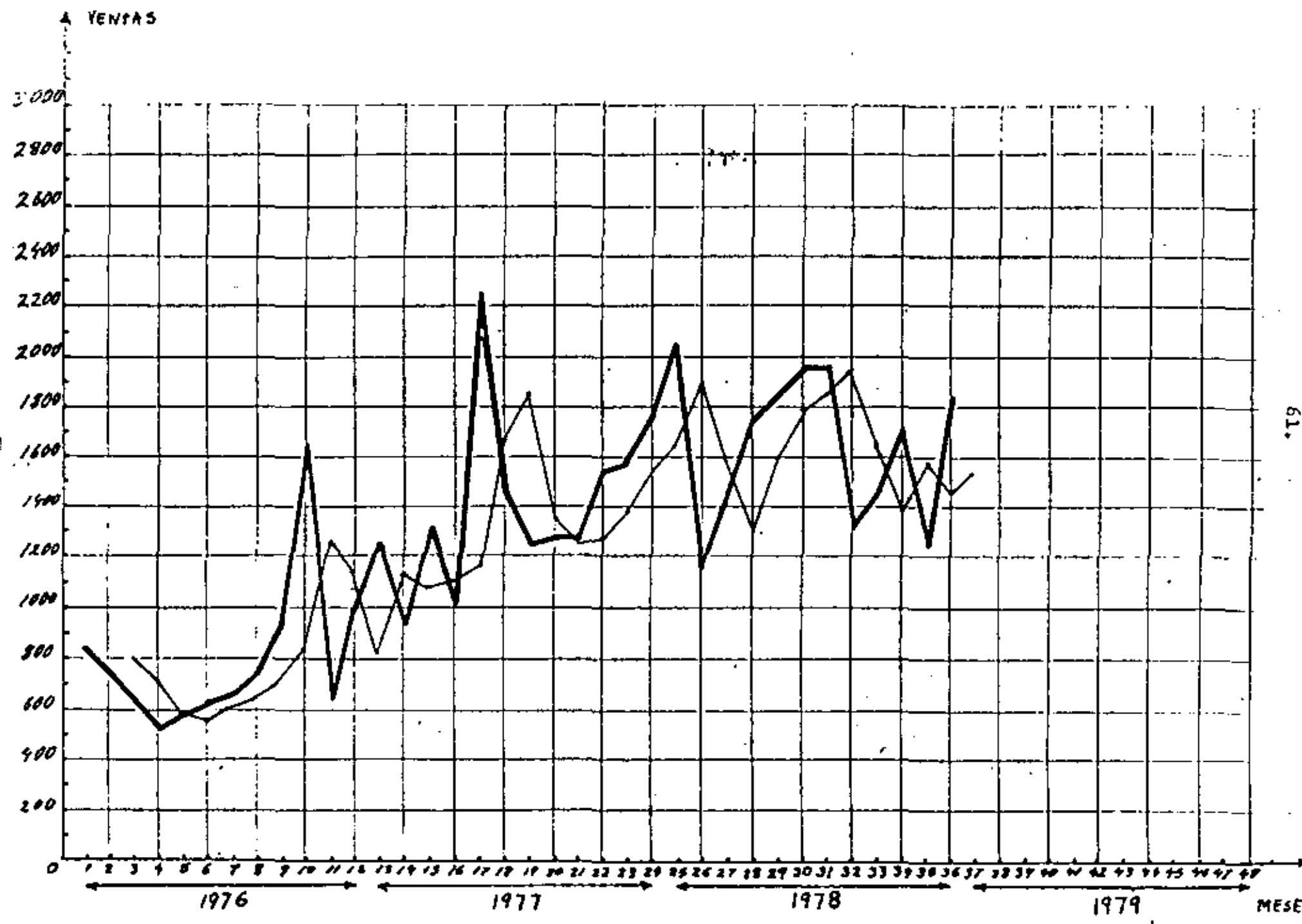
GRAFICA 7  
CURVA DE POTENCIA PROGRESIVA



PROMEDIO MOVIL SIMPLI' DE UN TERMINO

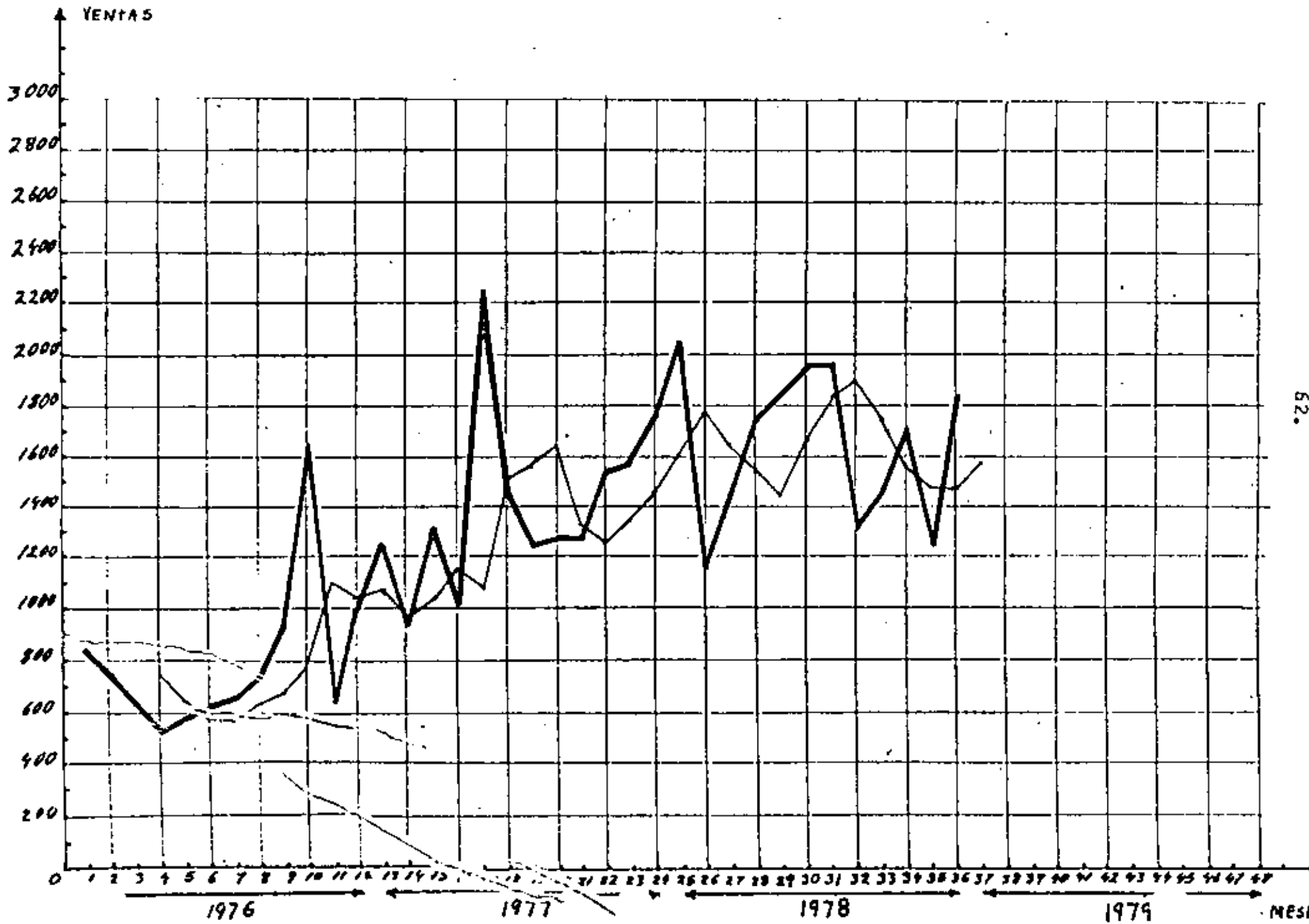


PROYECTO DE LA SIDA 5.1.

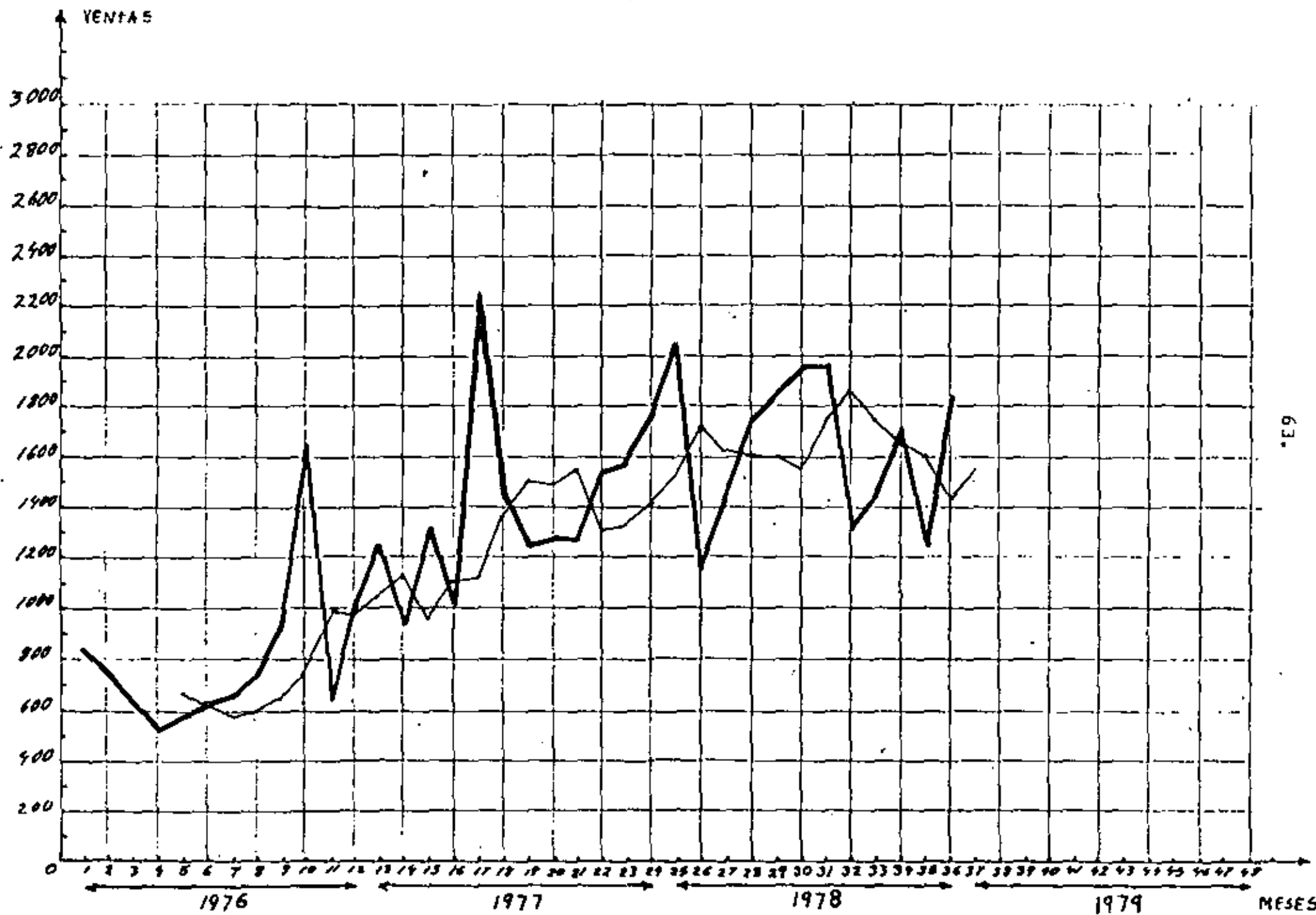


61.

PROHEDIO MOVIL SIMPLE DE TRES TERMINOS



PROMEDIO MOVIL S. DE CUATRO TRIMESTRES

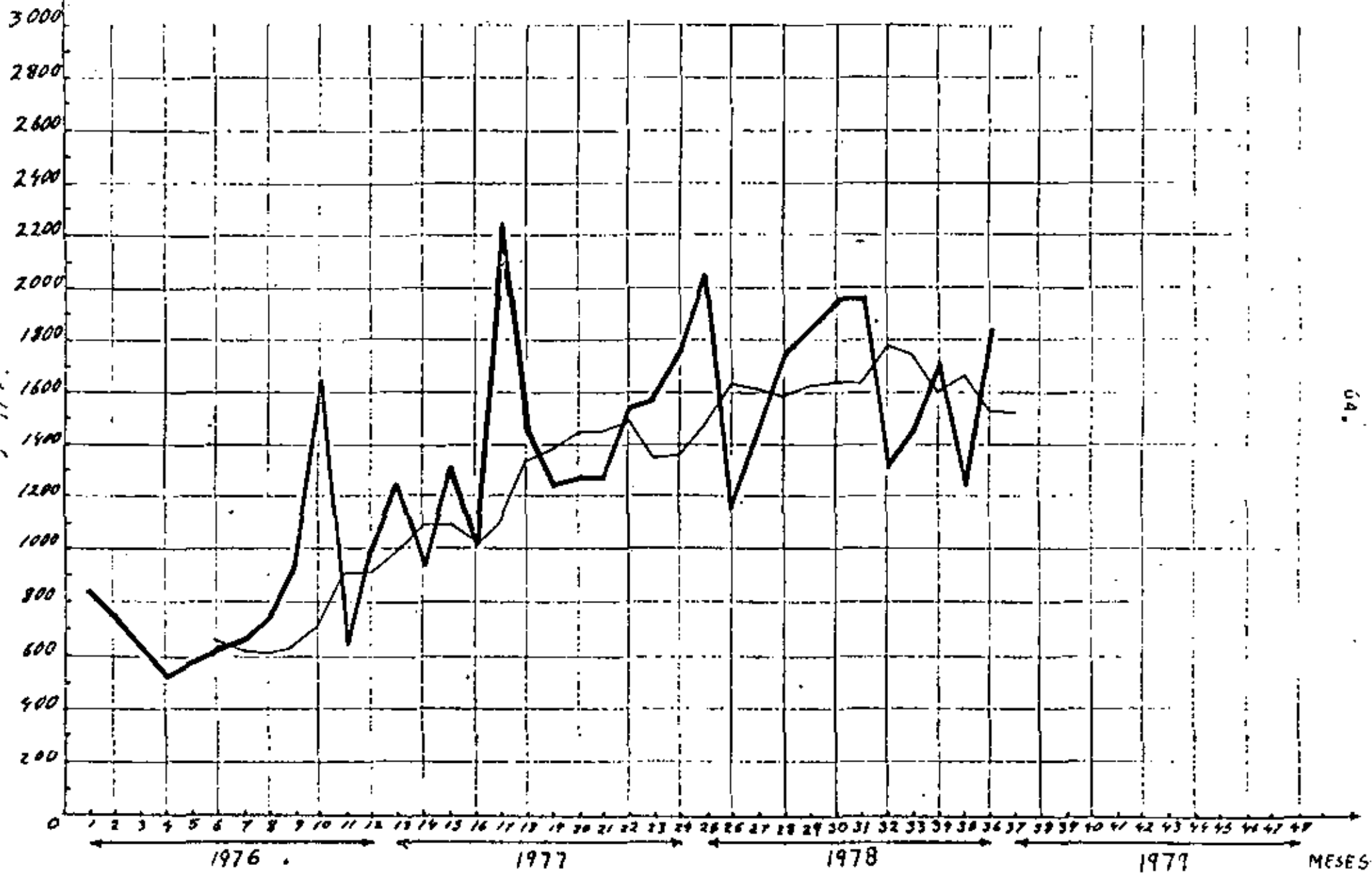




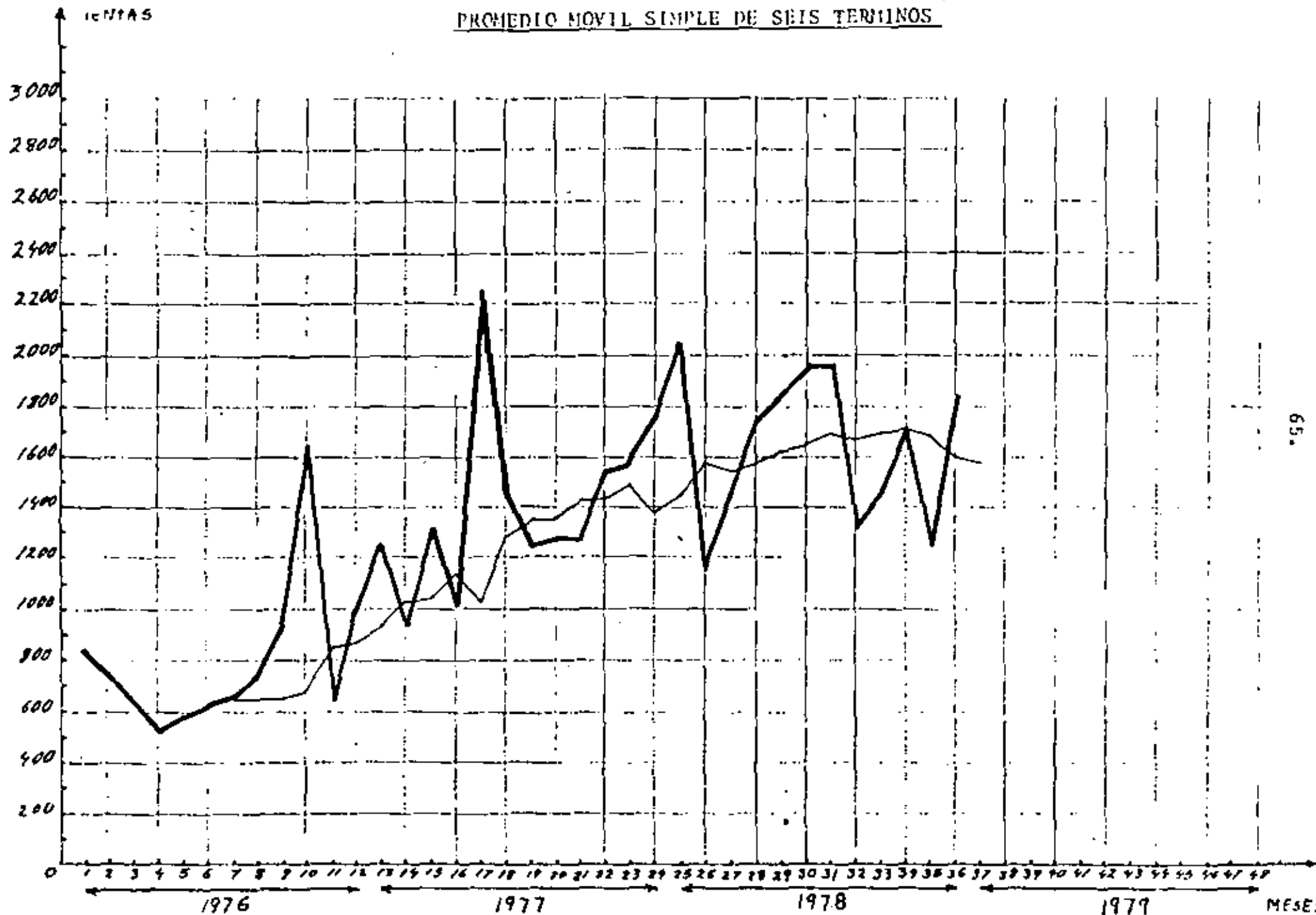
A VENTAS

GRAFICA # 12

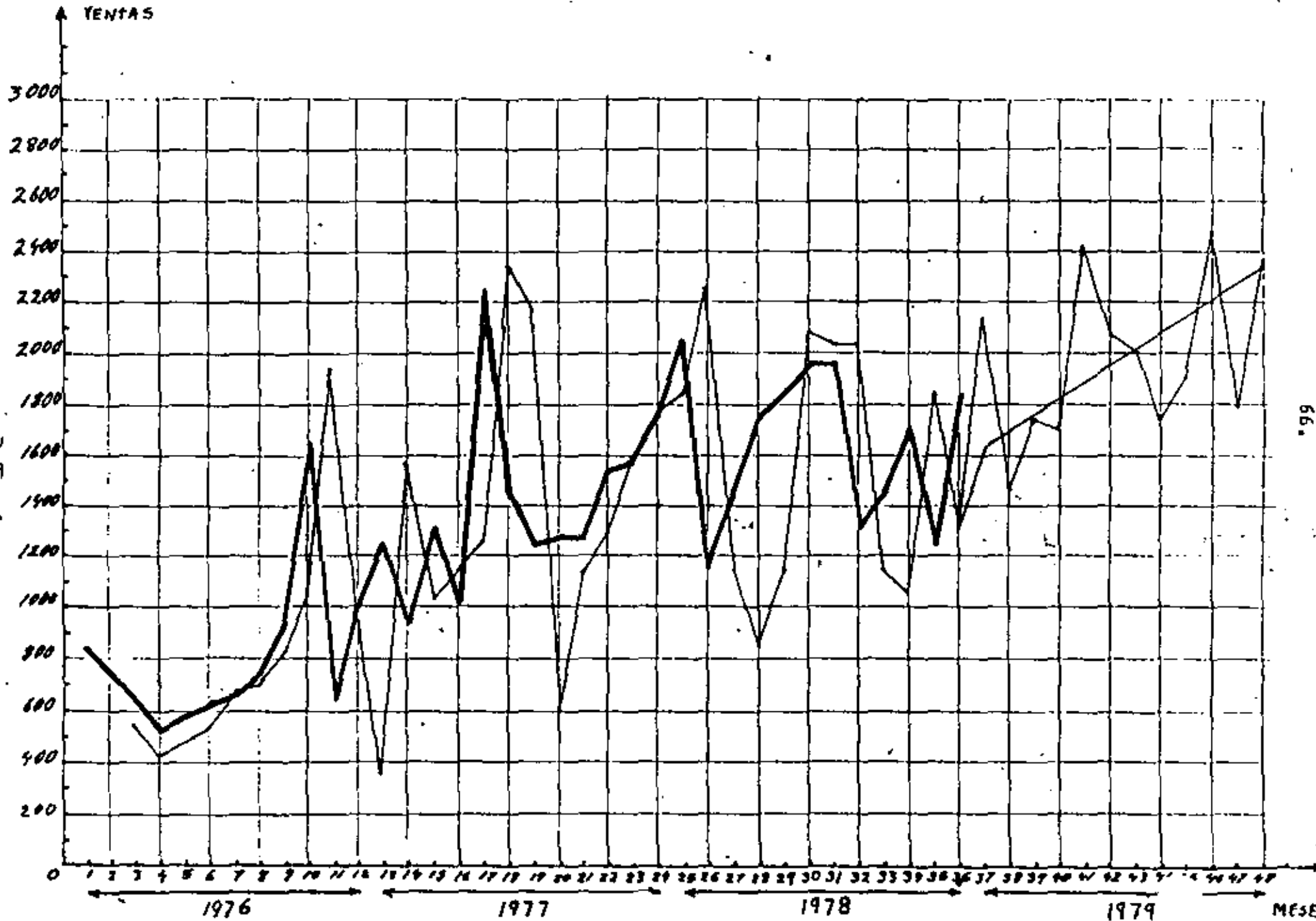
PROMEDIO MOVIL SIMPLE DE CINCO TERMINOS



PROMEDIO MOVIL SIMPLE DE SEIS TERMINOS



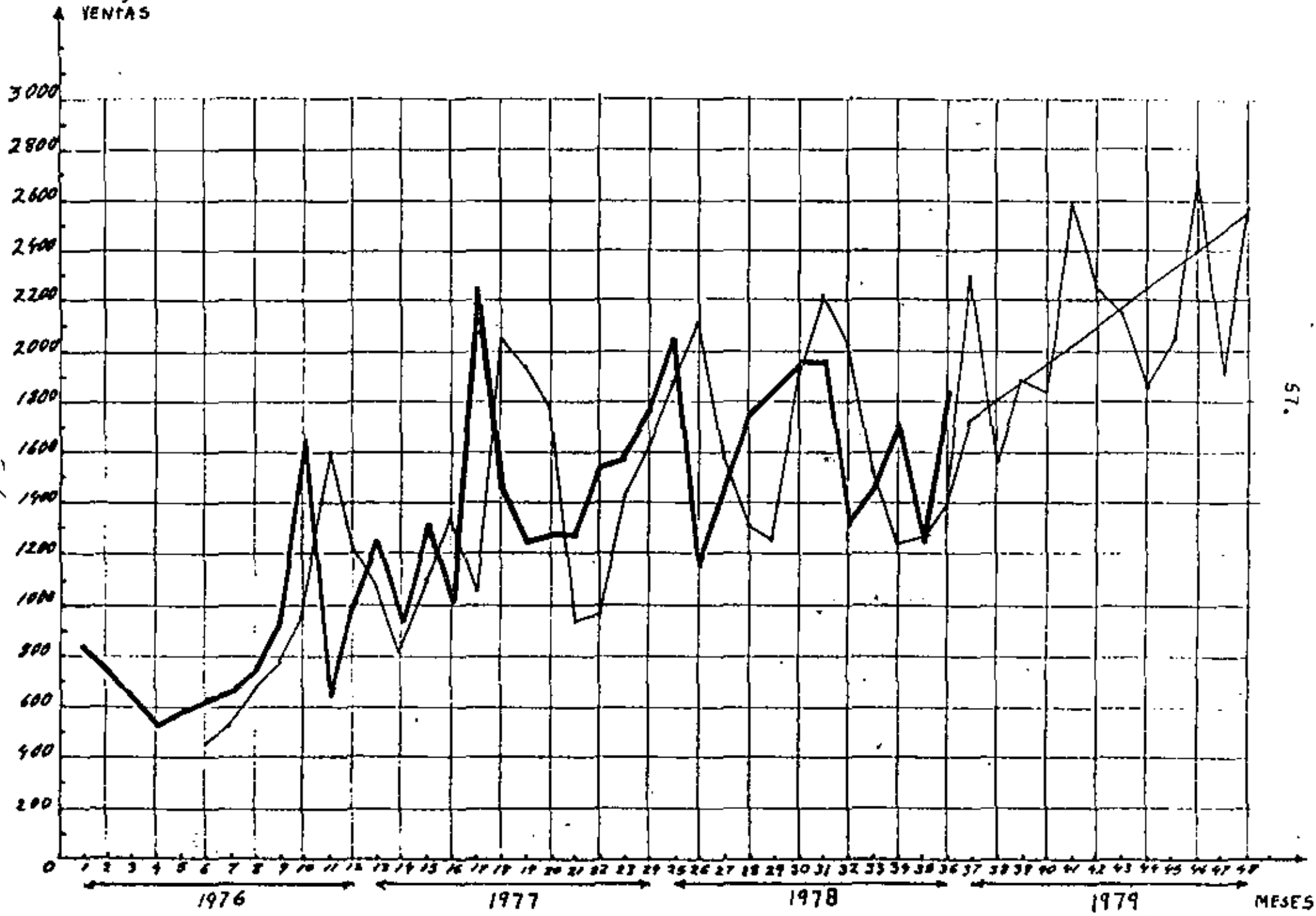
PROMEDIO MOVIL AJUSTADO DE DOS TERMINOS



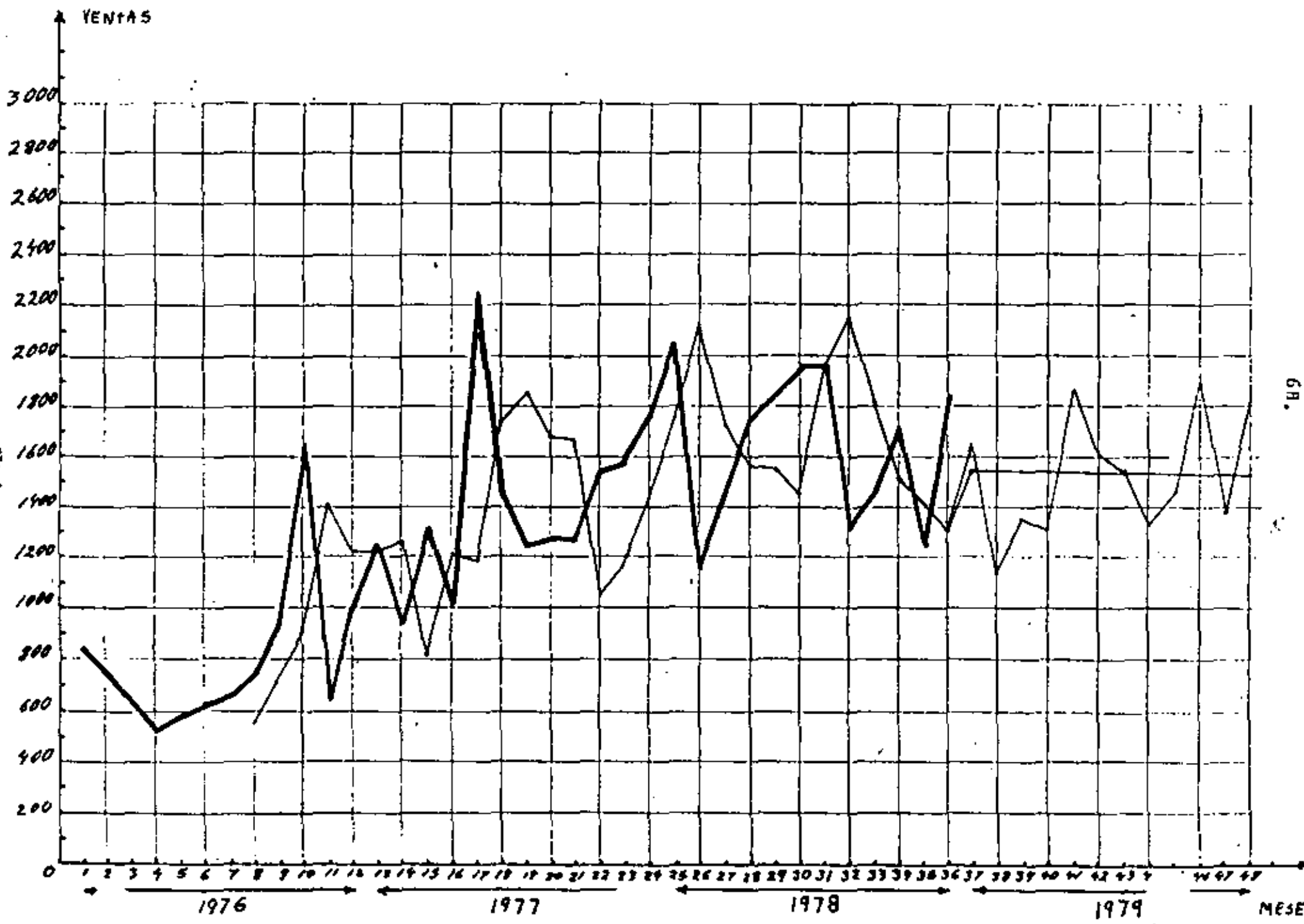
V. S. A.

66.

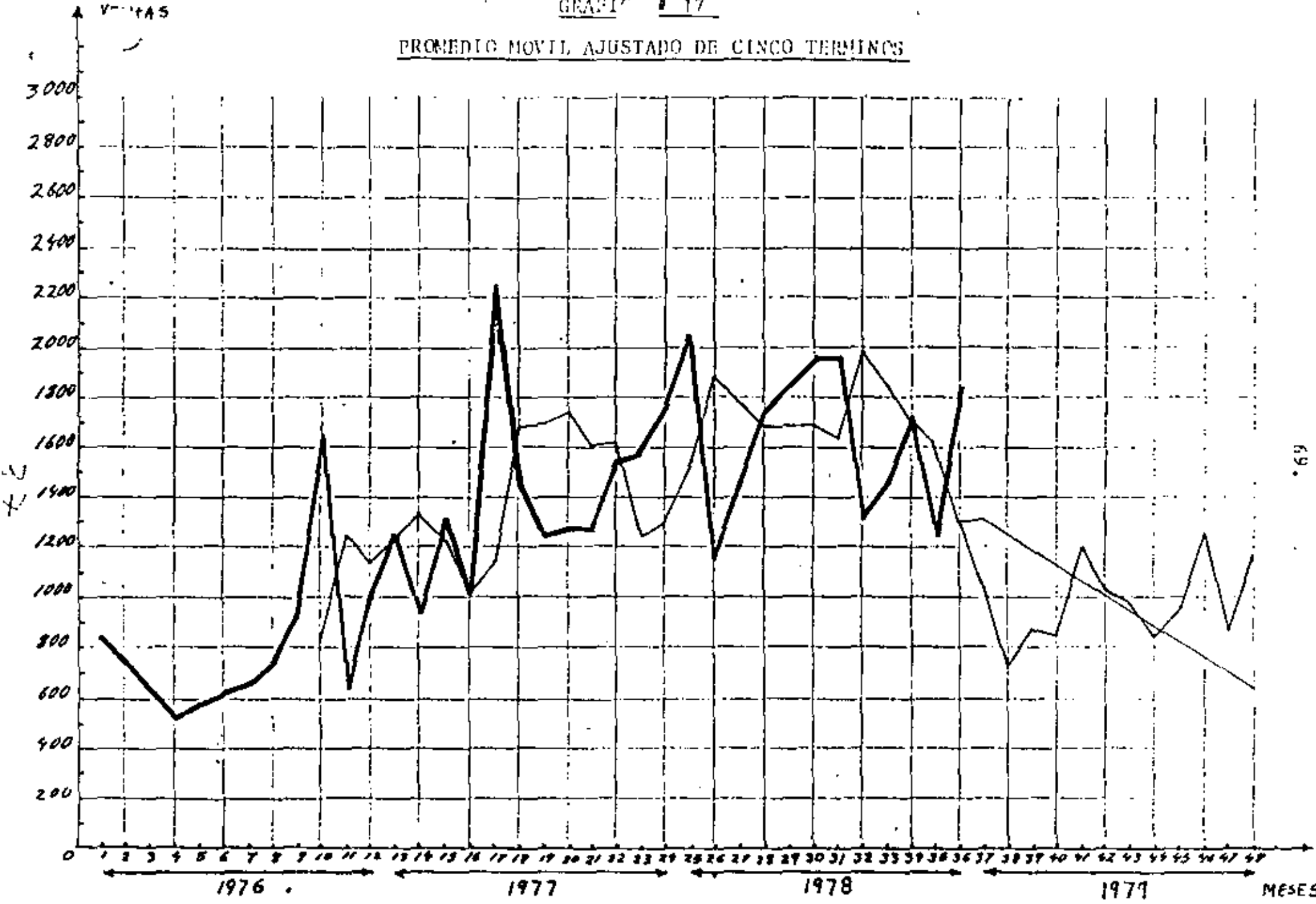
PROHEDIO MOVIL AJU DO DE TRES TERMINOS



PROYECTO NOVEL AJUSTADO DE CUATRO TERMINOS

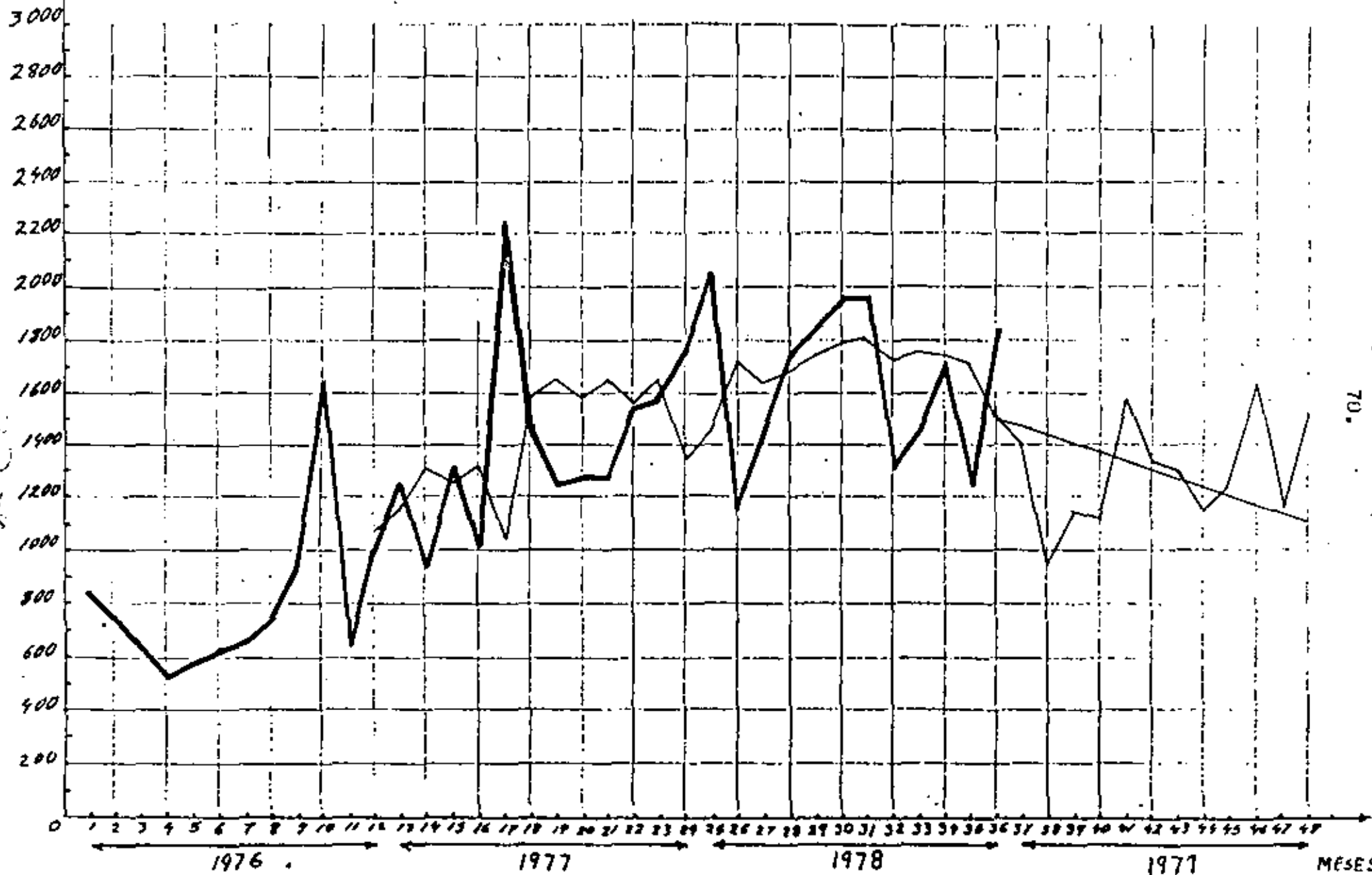


PROMEDIO MOVIL AJUSTADO DE CINCO TERMINOS



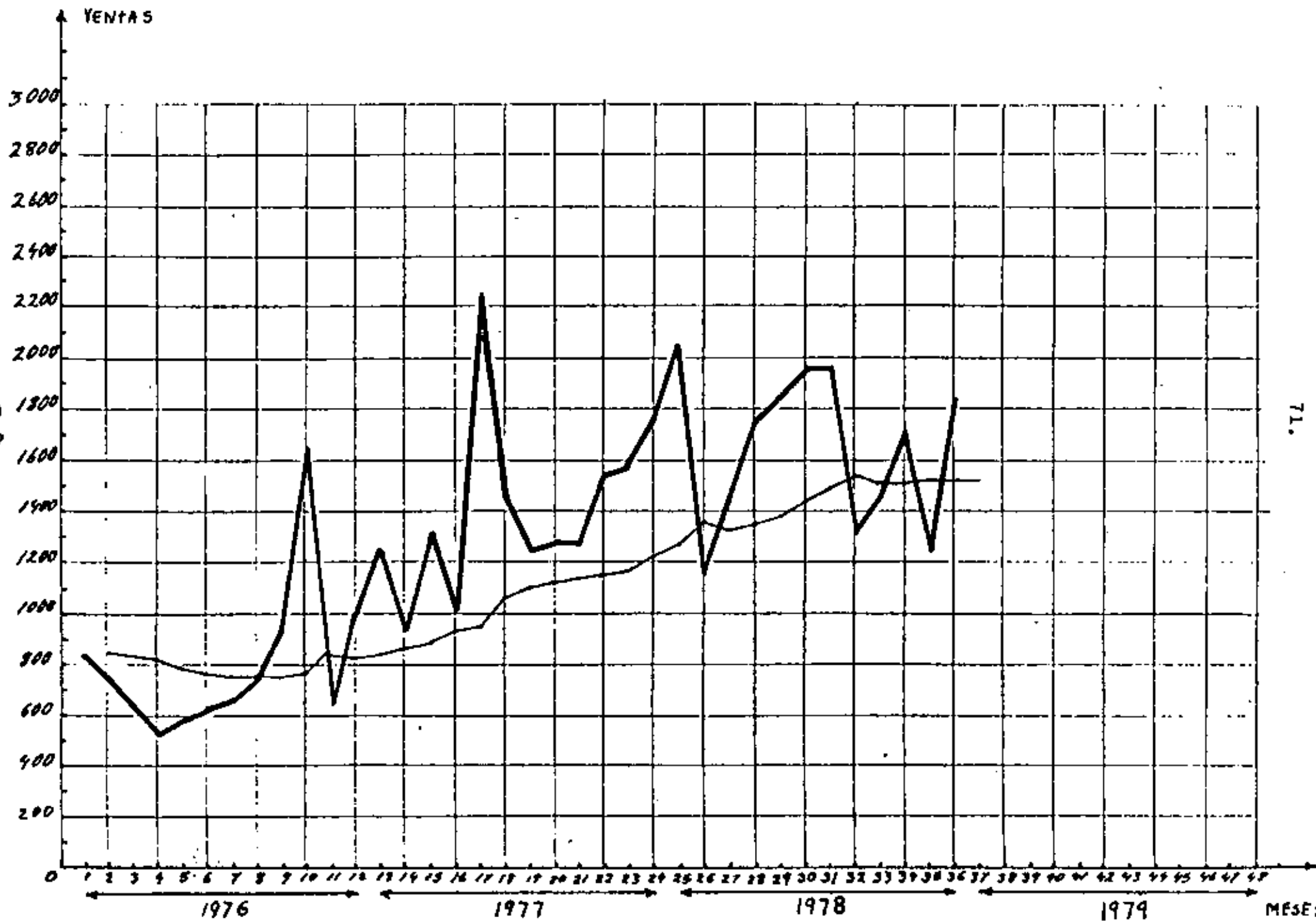
PROMEDIO MOVIL AJUSTADO DE SEIS PERIODOS

VENTAS



70.

PROHEDIO PONDERADO EXPONENCIALMENTE CON  $\alpha=0.1$

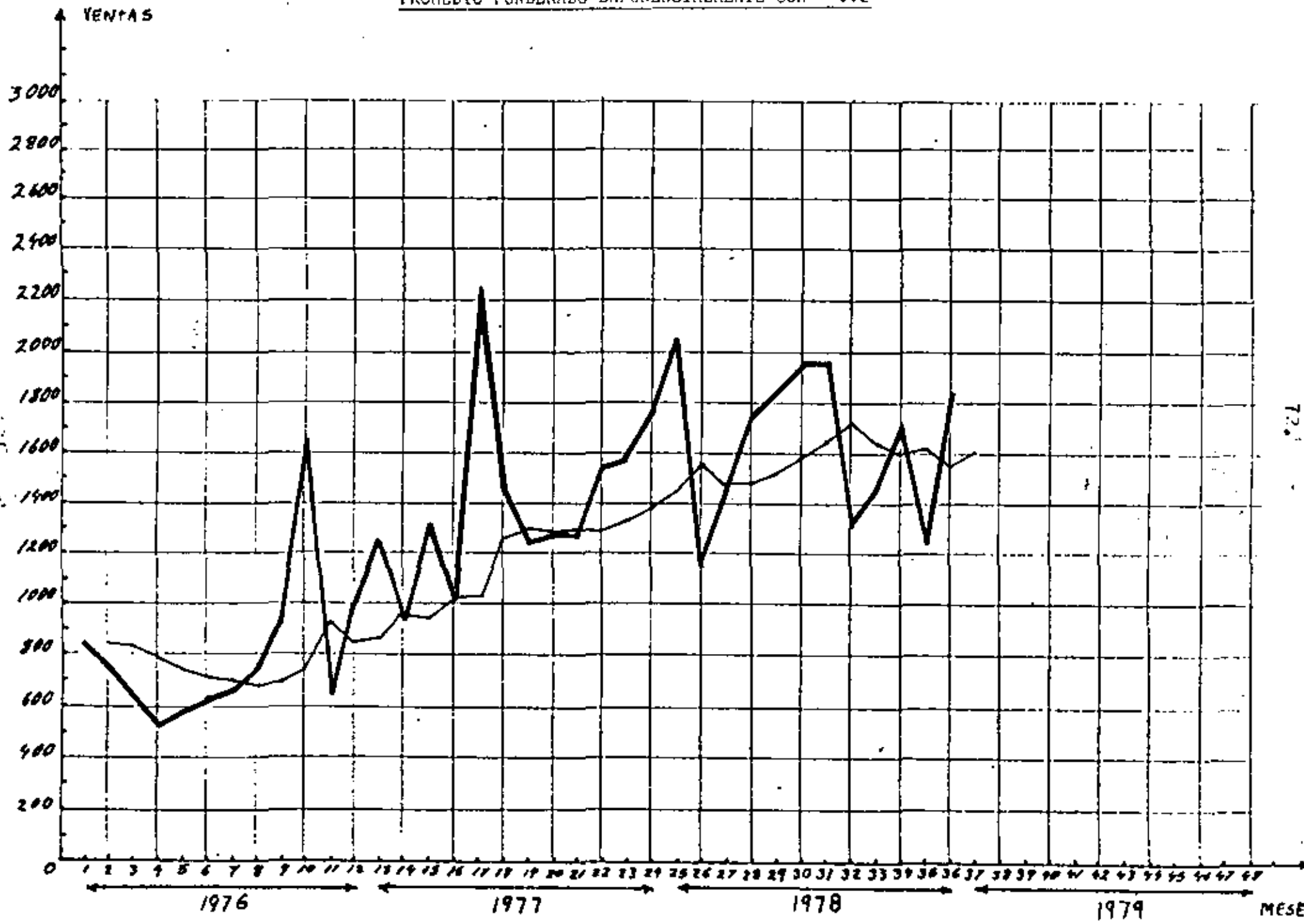


82

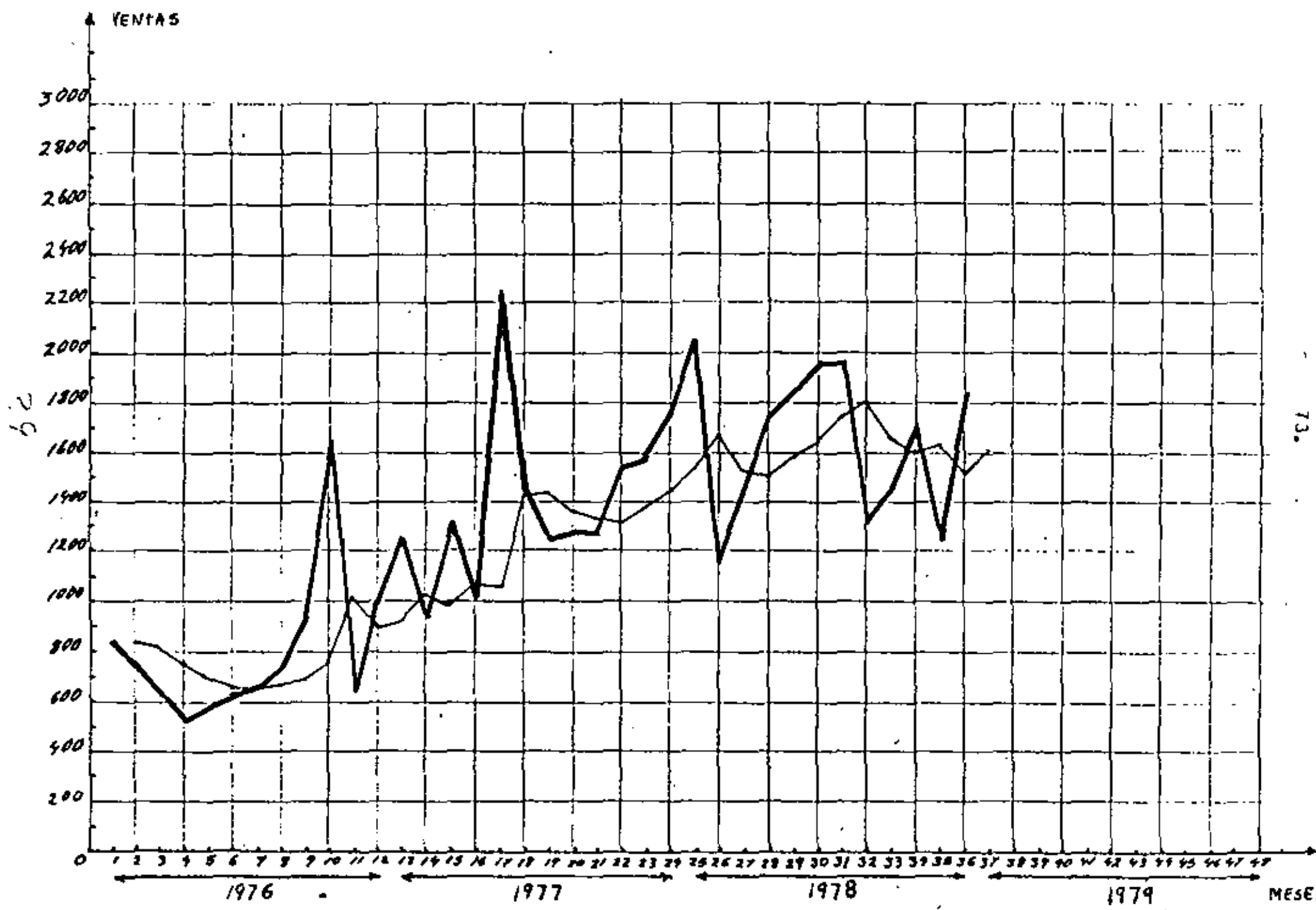
71.



PROMEDIO PONDERADO EXPONENCIALMENTE CON  $\alpha=0.2$



PROMEDIO PONDERADO E INICIALMENTE CON  $\alpha=0.3$

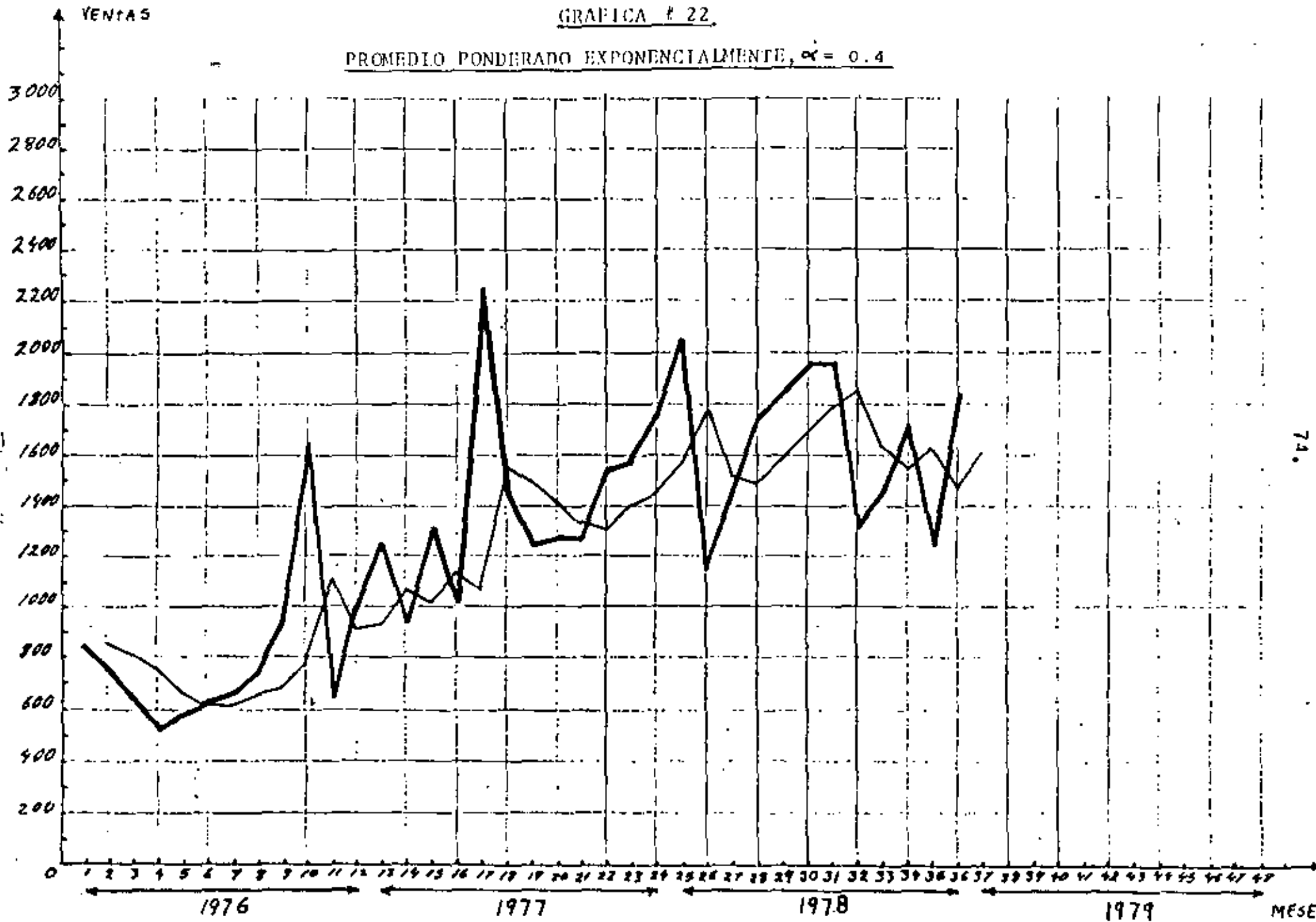


62

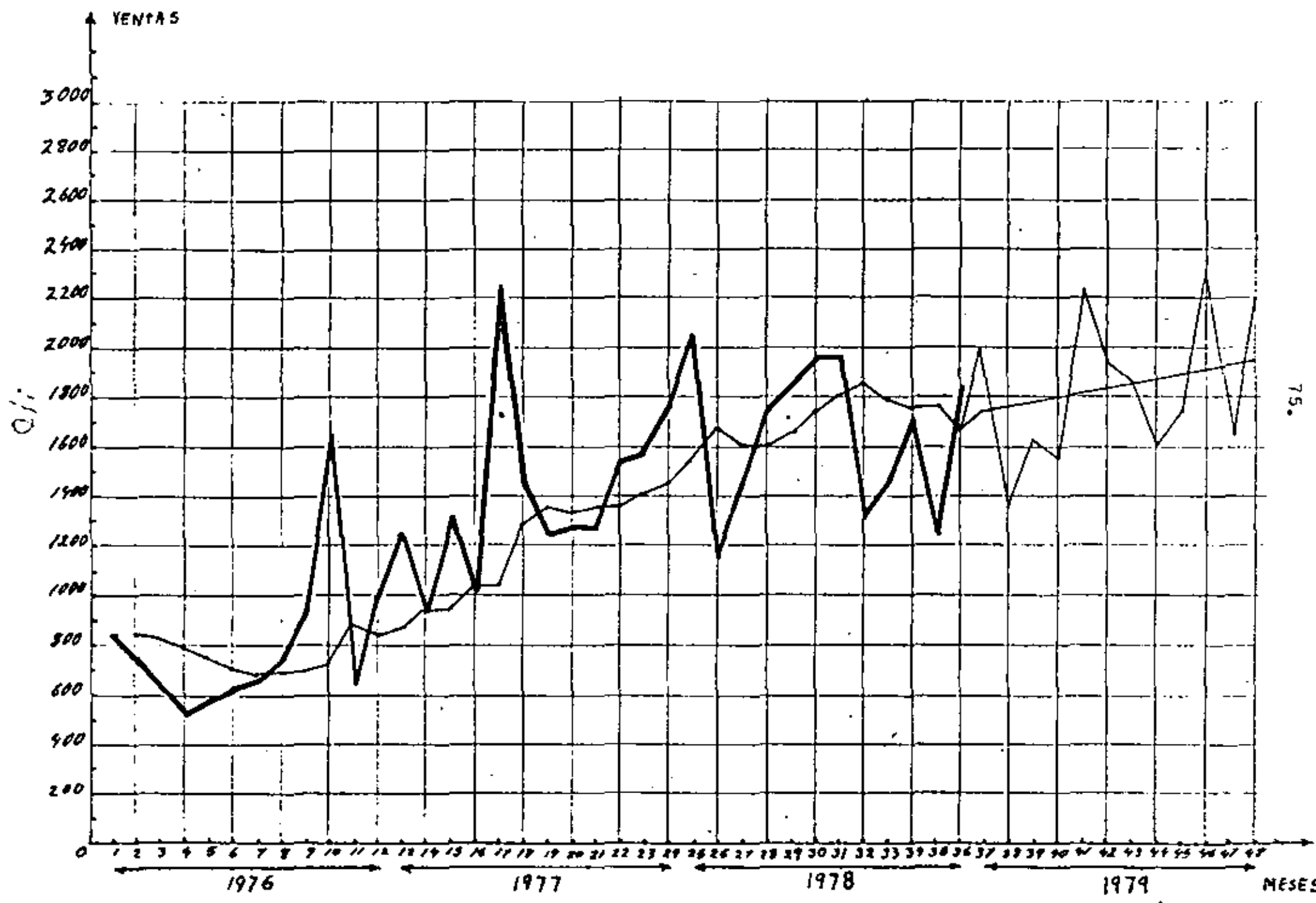
73.

GRAFICA # 22.

PROMEDIO PONDERADO EXPONENCIALMENTE,  $\alpha = 0.4$

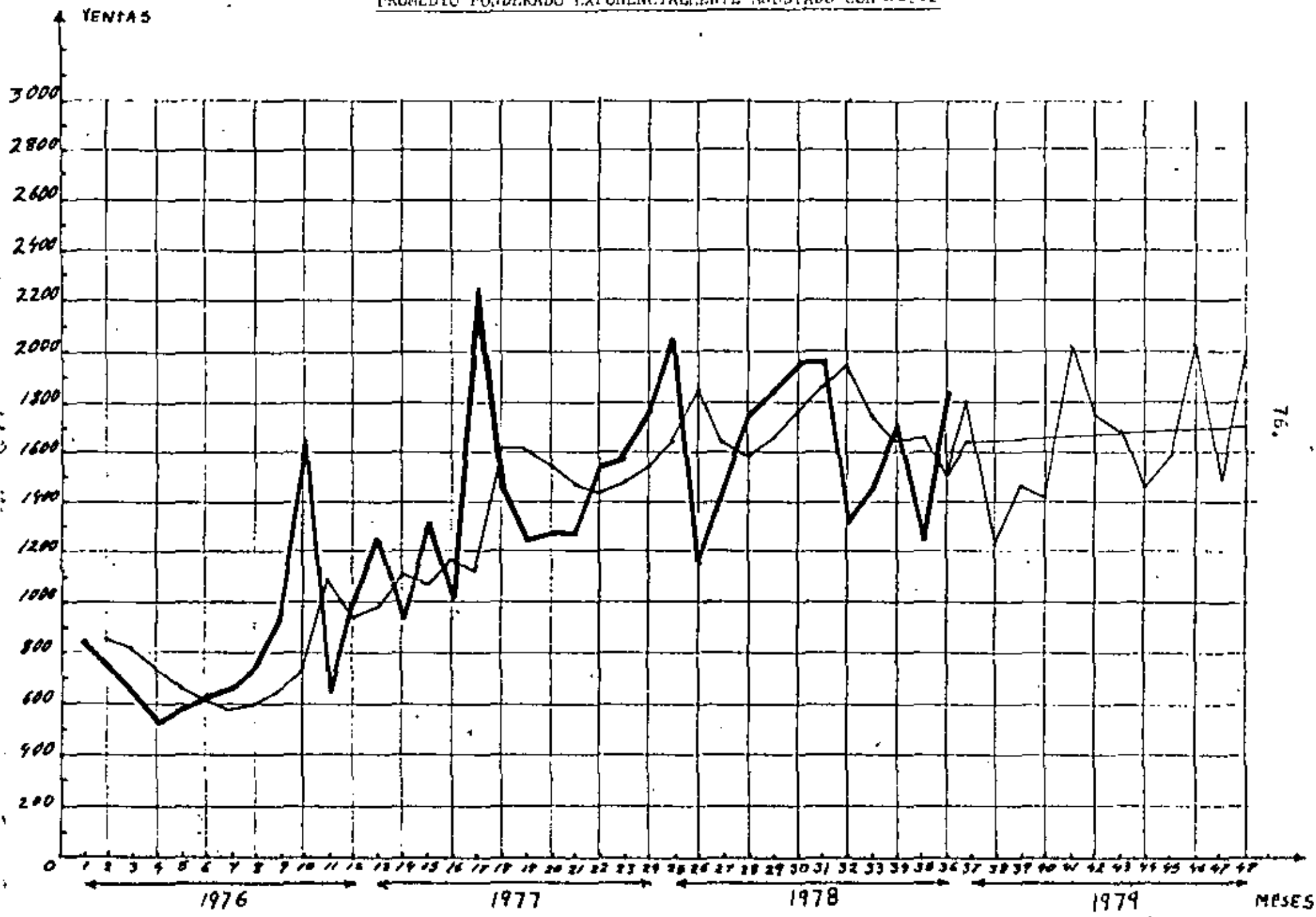


PROMEDIO PONDERADO EXPONENCIALMENTE AJUSTADO CON  $\alpha = 0.1$



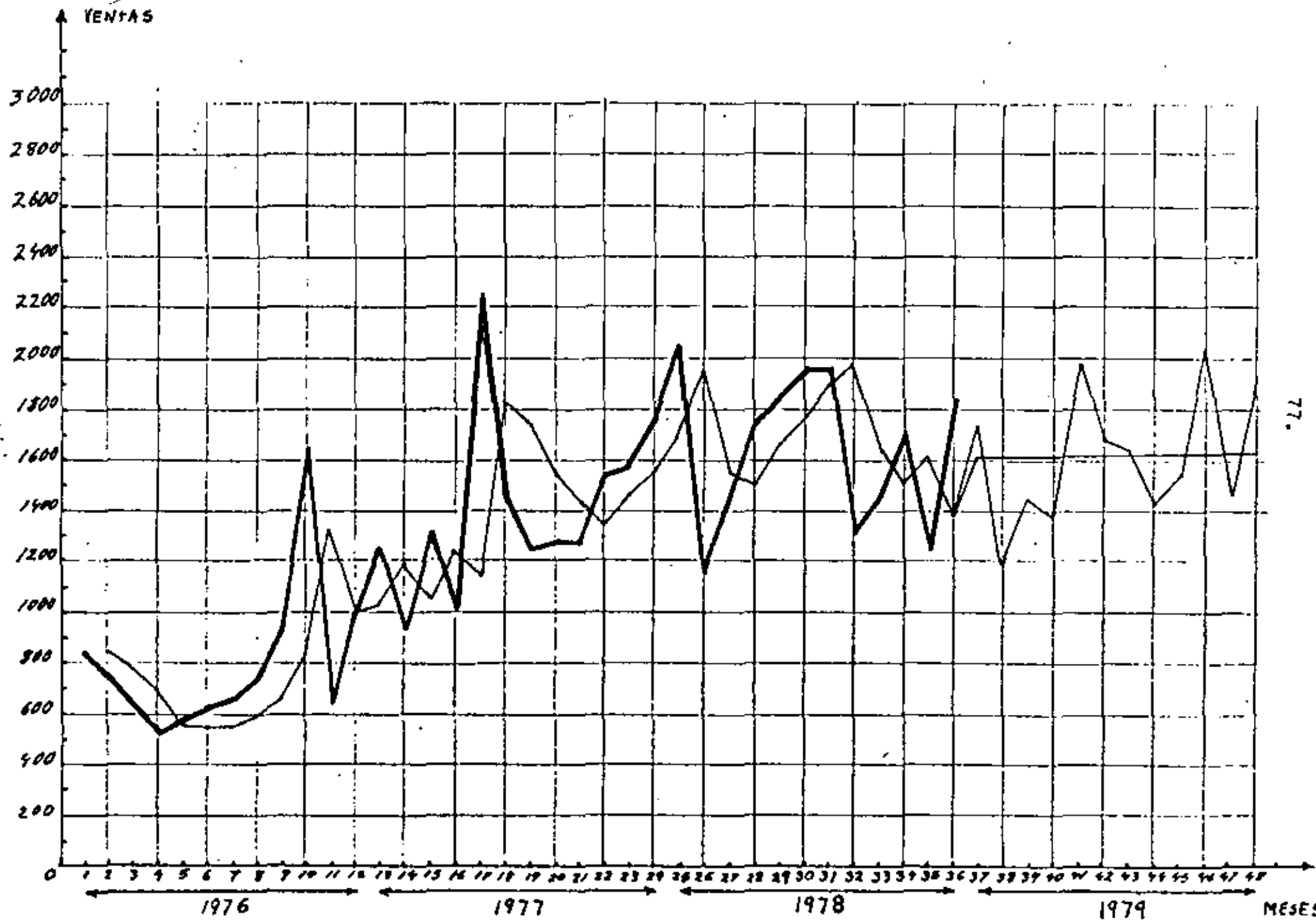
75.

PROMEDIO PONDERADO EXPONENCIALMENTE AJUSTADO CON  $\alpha=0.2$



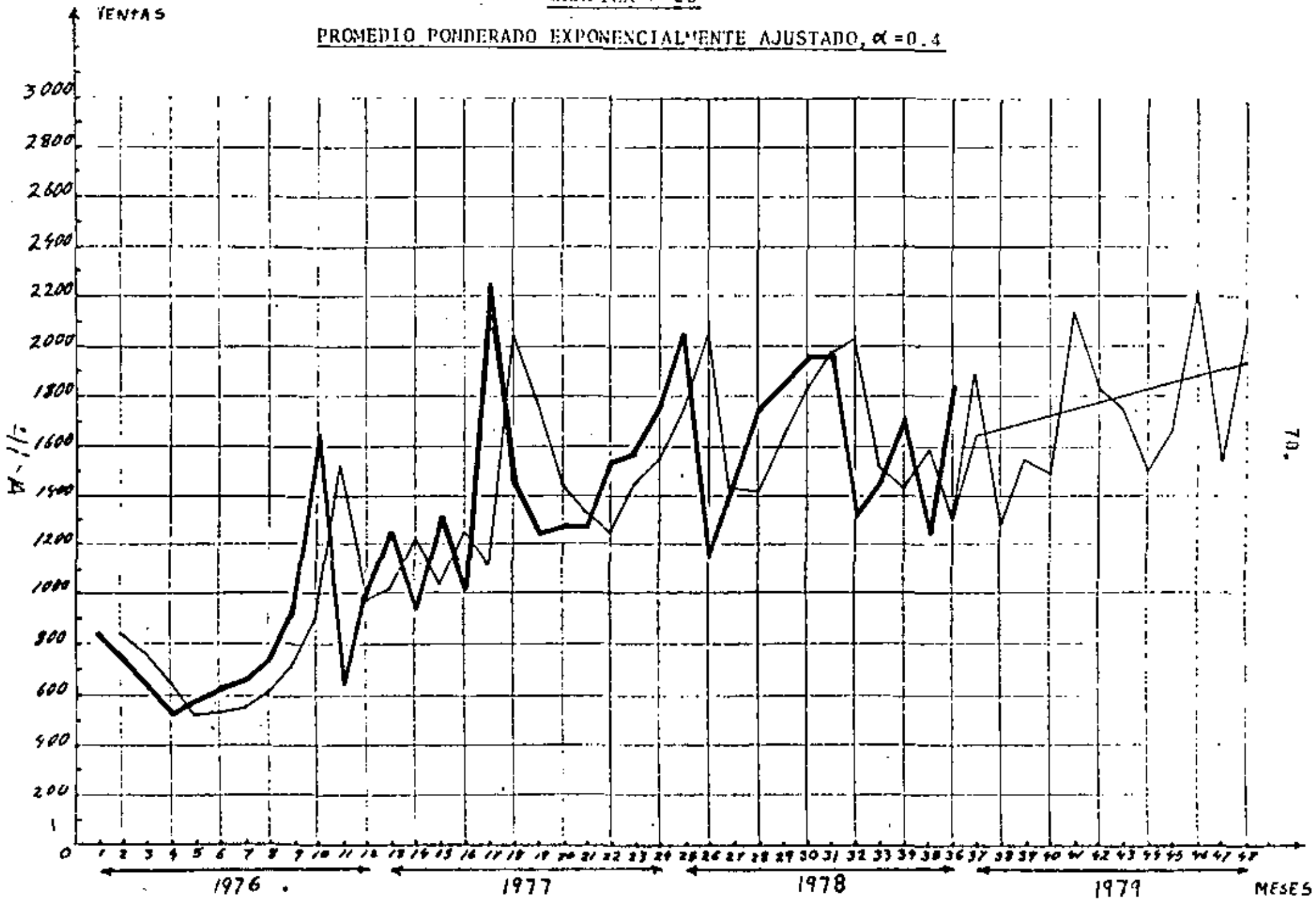
76.

PROMEDIO PONDERADO EXPONENCIALMENTE AJUSTADO CON  $\alpha = 0.3$



GRAFICA F 26

PROMEDIO PONDERADO EXPONENCIALMENTE AJUSTADO,  $\alpha = 0.4$



70.

### 2.4.3. Pronósticos anuales (extrapolación anual)

En este inciso haremos otro tipo de simulación. Inicialmente utilizaremos los 12 datos correspondientes a los meses de 1976 y pronosticaremos con y sin estacionalidad los 12 meses siguientes (1977), mediante la utilización de los distintos métodos de pronósticos; en seguida compararemos todos los resultados obtenidos con las ventas reales de los 12 meses de 1977. Después, teniendo en cuenta los 24 datos de 1976 y 1977, pronosticaremos las ventas de los 12 meses de 1978 y también compararemos los resultados con las ventas reales de este año. Los resultados de esta simulación se presentan en los cuadros 13, 14 y 15A.

El cuadro # 13 muestra los pronósticos obtenidos para los 24 meses de 1977 y 1978 utilizando el procedimiento descrito anteriormente, pero sin tener en cuenta la estacionalidad. El último renglón del cuadro nos muestra el error medio porcentual absoluto correspondiente a cada método.

El cuadro # 14 muestra los 24 pronósticos de 1977 y 1978, pero desta vez teniendo en cuenta la estacionalidad. Los errores absolutos porcentuales medios también se muestran en el último renglón del cuadro.

Finalmente, el cuadro #15A muestra un resumen de los resultados de los cuadros 13 y 14. Este cuadro también muestra el error medio que se hubiera cometido si en cada mes a partir de Diciembre de 1976 hubiéramos pronosticado las ventas del mes siguiente (pronósticos mensuales). Estos errores no coinciden con los del cuadro # 12 porque fueron calculados únicamente para los últimos 24 meses, mientras que los del cuadro # 12 fueron calculados para los 36 meses.

Los resultados del cuadro # 15A son muy interesantes: inicialmente podemos observar que el error medio de los pronósticos mensuales



les es, en la mayoría de los casos, menor que el error medio de los pronósticos anuales, lo que demuestra que los pronósticos a corto plazo (mensuales) son más confiables que los pronósticos a largo plazo (anuales). Esto solamente no sucederá cuando los datos presenten una estacionalidad muy marcada y muy uniforme.

Desde el punto de vista del criterio  $\bar{E}\%$ , el mejor método para la elaboración de pronósticos mensuales es el del promedio móvil ajustado de 6 términos (cuadro # 15A) y por lo tanto éste debería ser el método utilizado para pronosticar los 12 meses de 1979. Por otro lado, en el cuadro # 15A también podemos observar que los pronósticos sin estacionalidad son en promedio mejores que los pronósticos con estacionalidad (2 últimas columnas del cuadro). Esto sugiere que en la elaboración de los pronósticos de los 12 meses de 1979 no deberíamos tener en cuenta la estacionalidad.

Por lo tanto, nuestra decisión final debería ser considerar como nuestros mejores pronósticos los siguientes (véase el cuadro # 10)

MES	PRONOSTICOS POR EL METODO P.M.A. 6T
Enero	1,473
Febrero	1,442
Marzo	1,410
Abril	1,378
Mayo	1,346
Junio	1,315
Julio	1,283
Agosto	1,251
Septiembre	1,220
Octubre	1,188
Noviembre	1,156
Diciembre	1,124
TOTAL	15,586

Podemos observar que estos pronósticos son decrecientes, esto se debe a que el método del P.M.A., 6T extrapola la tendencia de los últimos 11 datos y ésta ha sido en promedio decreciente para los últimos 11 meses de 1978.

Para confirmar que no es conveniente considerar la estacionalidad, también se construyó el cuadro # 15B, donde fueron calculados los errores de los pronósticos anuales con y sin estacionalidad para los últimos 12 meses, es decir, sólo para el año de 1978. Podemos observar que también en este caso los errores con estacionalidad son mayores que los errores sin estacionalidad, sin embargo los pronósticos con estacionalidad son relativamente mejores, ya que los índices estacionales utilizados para los últimos 12 meses son el promedio de los índices de los 2 años anteriores y son por lo tanto mucho más precisos.

En las próximas páginas también presentamos las gráficas 27, 28, ..., 29, ..., 39, que muestran los resultados de la elaboración de pronósticos anuales mediante la aplicación de los 12 diferentes métodos.

CUADRO # 13

PRONOSTICOS ANUALES SIN ESTACIONALIDAD

Mes	Ventas	Recta		Curva exp.		PROMEDIO MOVIL										PROMEDIO PONDERADO EXP.							
		Pro	E%	Pro	E%	2 T		3 T		4 T		5 T		6 T		$\alpha=0.1$		$\alpha=0.2$		$\alpha=0.3$		$\alpha=0.4$	
						Pro	E%	Pro	E%	Pro	E%	Pro	E%	Pro	E%	Pro	E%	Pro	E%	Pro	E%	Pro	E%
Ene	1250	1028	1776	965	2280	142	-	1088	1296	1219	0248	1220	0240	1169	0648	882	2944	986	2112	1029	1758	1013	1886
Feb	920	1067	2554	1001	0890	27	-	1090	1848	1288	4070	1297	4098	1215	3424	885	0380	1005	0924	1058	1500	1036	1261
Mar	1300	1098	1554	1038	2015	(-)	-	1091	1608	1357	0438	1374	0569	1301	0008	883	3162	1023	2131	1087	1658	1059	1954
Abr	1020	1133	1108	1076	0549	(-)	-	1092	0706	1426	3980	1451	4225	1367	3402	892	1255	1042	0216	1117	0951	1032	0603
May	2250	1169	4904	1116	5040	(-)	-	1093	5142	1494	3360	1528	3209	1433	3631	896	6018	1061	5284	1146	4907	1105	5089
Jun	1450	1204	1697	1158	2014	(-)	-	1094	2455	1563	0779	1604	1062	1409	0338	899	3800	1080	2552	1175	1897	1128	2221
Jul	1250	1239	0088	1200	0400	(-)	-	1096	1232	1632	3056	1581	3448	1565	2520	903	2776	1098	1216	1204	0368	1151	0792
Ago	1280	1274	0047	1245	0271	(-)	-	1097	1430	1701	3289	1758	3734	1631	2742	906	2922	1117	1273	1233	0367	1174	0828
Sep	1270	1309	0307	1291	0165	(-)	-	1098	1354	1769	3929	1835	4449	1697	3362	909	2843	1136	1955	1262	0063	1197	0575
Oct	1520	1344	1158	1339	1191	(-)	-	1099	2770	1838	2092	1912	2578	1763	1599	913	3993	1155	2401	1291	1507	1220	2632
Nov	1570	1379	1217	1388	1159	(-)	-	1100	2994	1907	2146	1988	2662	1829	1650	916	4166	1173	2529	1320	1592	1243	2083
Dic	1760	1414	1966	1440	1818	(-)	-	1101	3744	1976	1227	2065	1733	1895	0767	929	4773	1192	3227	1349	2335	1266	2807
Ene	2050	1689	1761	1790	1268	1845	-	1899	0737	1754	1444	1551	2434	1467	2844	1552	2429	1675	1829	1711	1654	1760	1415
Feb	1150	1736	5096	1873	6237	1965	-	2040	2739	1844	6035	1575	3696	1474	2817	1579	2222	1675	2222	1675	2222	1675	2222
Mar	1450	1783	2297	1959	3510	2095	-	2181	5041	1933	3331	1599	1028	1482	0221	1606	1060	1762	2152	1816	2524	1901	3110
Abr	1750	1830	0457	2049	1709	2205	-	2322	3269	2023	1560	1623	0726	1489	1491	1633	0669	1806	0320	1869	0680	1971	1263
May	1840	1877	0201	2143	1647	2325	-	2463	3386	2121	1478	1697	1049	1496	1869	1660	0978	1859	0054	1921	0440	2041	1092
Jun	1940	1924	0088	2242	1557	2445	-	2608	3423	2202	1351	1670	1392	1503	2253	1687	1304	1893	0242	1974	0175	2112	0887
Jul	1950	1971	0108	2345	2026	2565	-	2746	4082	2291	1749	1694	1313	1510	2256	1714	1210	1937	0067	2027	0395	2182	1190
Ago	1310	2018	5405	2453	8725	2685	-	2887	12028	2381	8176	1716	3115	1518	1588	1742	3298	1981	5122	2079	5870	2252	7191
Sep	1470	2065	4048	2566	7456	2805	-	3028	10599	2471	6810	1742	1850	1525	0374	1769	2034	2024	3769	2132	4503	2322	5796
Oct	1700	2112	2424	2684	5788	2925	-	3169	8641	2560	5059	1766	0388	1532	0988	1796	0565	2068	2165	2185	2853	2393	4076
Nov	1250	2159	2272	1807	12456	3045	-	3310	16480	2690	11200	1789	4312	1539	2312	1823	4584	2112	5896	2237	7806	2463	9704
Dic	1830	2206	2055	2936	6044	3165	-	3451	8858	2739	4967	1813	0093	1546	1552	1850	0109	2155	1776	2290	2514	2533	3842
(E%)	-	-	2020	-	3177	-	>>>	-	4620	-	3404	-	2225	-	1861	-	2369	-	2071	-	2239	-	2815

112.7

CUADRO # 14

PRONOSTICOS ANUALES CON ESTACIONALIDAD

Mes	Ventas	Recta		Curva Exp.		Promedio Movi.										Promedio Ponderado							
						2 T		3 T		4 T		5 T		6 T		$\alpha = 0.1$		$\alpha = 0.2$		$\alpha = 0.3$		$\alpha = 0.4$	
		P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E	P	E
Ene	1250	1296	3.68	1261	0.88	-	-	1162	7.04	1696	35.68	1744	39.52	1627	30.16	956	23.52	1156	7.52	1262	0.96	1210	3.20
Feb	920	1144	24.34	1113	20.97	-	-	1026	11.52	1497	62.75	1539	67.28	1436	56.09	844	8.26	1020	10.66	1114	21.08	1067	15.97
Mar	1300	992	23.69	965	25.70	-	-	889	31.61	1297	0.23	1334	2.61	1245	4.23	731	43.76	884	32.00	966	25.69	925	28.84
Abr	1020	792	22.35	771	24.41	-	-	710	30.39	1037	1.66	1066	4.51	995	2.45	584	42.74	706	30.78	772	24.31	739	27.54
May	2250	899	60.04	875	61.11	-	-	806	64.17	1177	47.68	1210	46.22	1129	49.82	663	70.53	802	64.35	876	61.06	830	62.71
Jun	1450	945	34.82	919	36.62	-	-	847	41.58	1236	14.75	1271	12.34	1186	18.21	697	51.93	842	41.93	920	36.55	881	39.24
Jul	1250	1021	18.32	993	20.56	-	-	915	26.80	1336	6.88	1374	9.94	1285	2.48	753	39.76	910	27.20	980	21.60	953	23.76
Ago	1280	1159	9.45	1127	11.95	-	-	1030	18.82	1516	18.43	1559	21.74	1465	14.45	855	33.20	1033	19.29	1128	11.87	1081	15.54
Sep	1270	1418	-11.65	1380	8.66	-	-	1271	0.00	1855	46.06	1908	50.23	1780	40.16	1046	17.63	1264	0.47	1381	8.74	1323	4.17
Oct	1520	2486	63.55	2419	59.14	-	-	2229	46.64	3253	114.01	3343	120.06	3120	105.26	1834	20.65	2212	45.85	2421	59.27	2320	52.63
Nov	1570	961	38.78	935	40.44	-	-	861	45.15	1257	19.93	1293	17.64	1206	23.18	709	54.84	857	45.81	936	40.39	897	42.86
Dic	1760	1525	13.35	1484	15.68	-	-	1367	22.32	1995	13.35	2052	16.50	1914	8.75	1125	36.07	1360	22.72	1485	15.62	1423	19.14
Ene	2050	1855	9.51	2211	7.85	2386	16.39	2548	24.29	2140	4.39	1602	21.85	1436	29.95	1620	20.97	1824	11.02	1905	7.03	2045	0.24
Feb	1150	1474	28.17	1757	52.78	1896	64.86	2025	76.08	1704	48.17	1273	10.69	1141	0.78	1287	11.91	1450	26.08	1514	31.65	1625	41.30
Mar	1450	1722	18.75	2052	41.51	2215	52.75	2365	63.10	1986	36.96	1437	2.55	1333	8.07	1504	3.72	1693	16.75	1769	22.00	1899	30.89
Abr	1750	1360	22.28	1620	7.42	1749	0.05	1869	6.74	1569	10.34	1174	12.91	1052	39.89	1187	32.17	1337	23.60	1397	20.17	1499	14.34
May	1840	2509	36.35	2990	62.50	3228	75.43	3447	87.33	2894	57.28	2168	17.92	1946	5.54	2192	19.13	2468	34.13	2578	40.10	2766	50.32
Jun	1940	1827	5.82	2177	12.21	2350	21.13	2510	29.38	2108	8.65	1578	18.65	1414	27.11	1596	17.73	1797	7.37	1877	3.24	2014	3.81
Jul	1950	1696	13.03	2021	3.64	2182	11.89	2330	19.48	1957	0.35	1465	24.87	1313	32.67	1481	24.05	1668	14.46	1742	19.66	1870	4.10
Ago	1310	1801	37.48	2147	63.89	2317	76.87	2474	88.85	2078	58.62	1556	28.77	1394	6.41	1573	29.07	1771	35.19	1850	41.22	1986	51.60
Sep	1470	1944	32.24	2316	57.55	2500	70.05	2670	81.63	2243	52.58	1579	14.21	1504	2.31	1898	55.51	1912	30.06	1997	35.85	2143	45.78
Oct	1700	2783	63.70	3316	95.05	3580	110.50	3823	124.88	3210	88.82	2404	41.41	2153	26.65	2430	42.94	2737	61.00	2858	68.11	3068	80.47
Nov	1250	1944	55.52	2316	85.28	2500	100.00	2670	113.60	2243	79.44	1679	34.32	1504	20.32	1698	35.84	1912	52.96	1997	59.76	2193	71.44
Dic	1830	2437	33.16	2904	58.68	3135	71.30	3348	82.21	2811	53.60	2105	15.02	1886	3.06	2128	16.28	2337	30.98	2503	36.77	2680	46.77
1951	-	-	26.33	-	36.43	-	>>>	-	47.65	-	38.18	-	27.57	-	23.25	-	29.29	-	28.83	-	29.32	-	32.35

CUADRO # 15A

COMPARACION ENTRE LOS METODOS DE RASTREO  
(PRONOSTICOS MENSUALES) Y DE PRONOSTICOS  
ANUALES CON Y SIN ESTACIONALIDAD

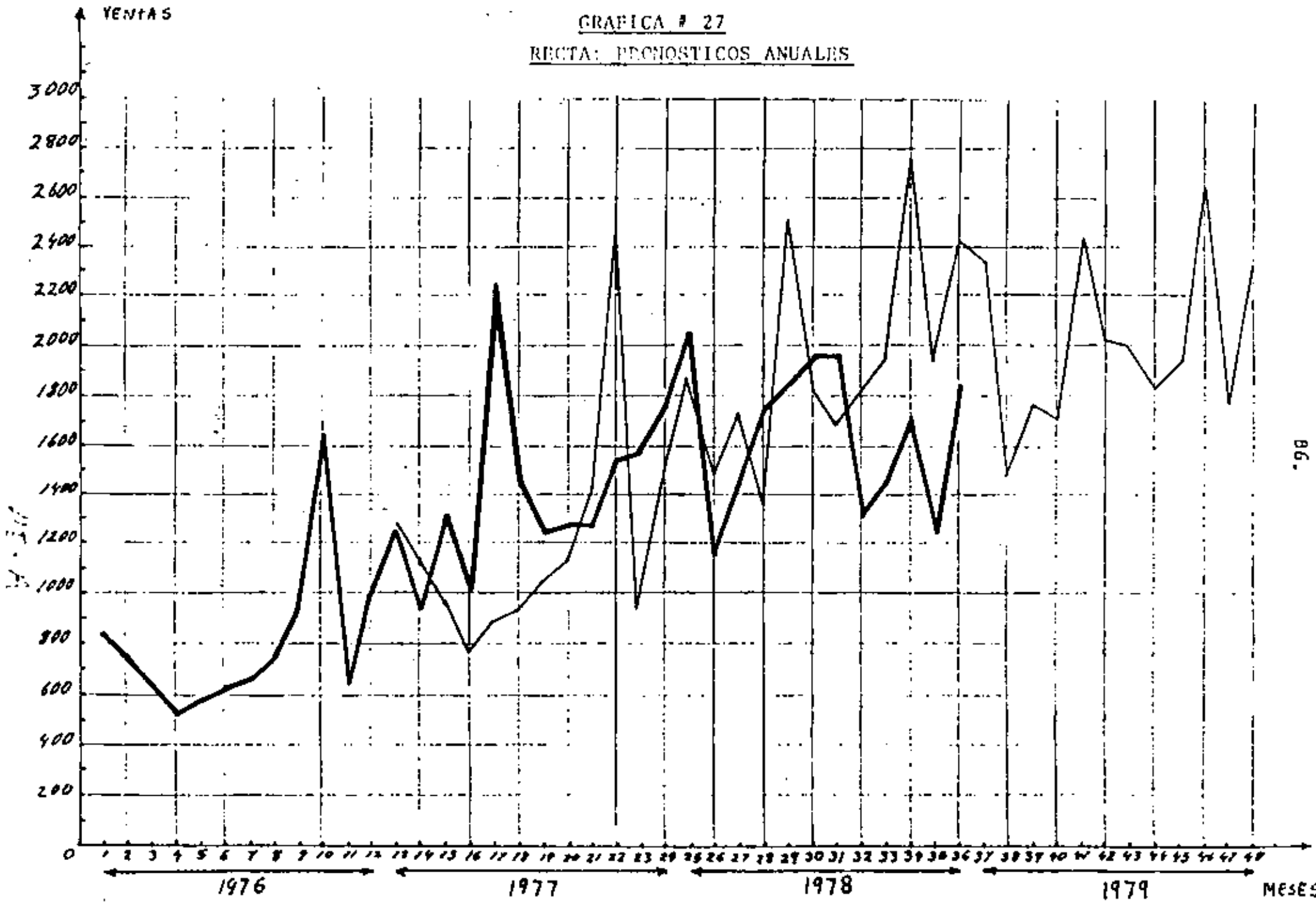
M E T O D O S	RASTREO (MENSUAL)	ANUAL SIN ESTAC.	ANUAL CON ESTAC.
Recta	18.44 (2)	20.20 (2)	28.33 (3)
Curva exponencial	21.96	31.77	36.43
Curva de potencia			
Prom. m6v. ajust., 2T	34.82	>>>	>>>
Prom. m6v. ajust., 3T	26.30	46.20	47.65
Prom. m6v. ajust., 4T	28.02	34.04	38.18
Prom. m6v. ajust., 5T	23.14	22.25 (4)	27.57 (..)
Prom. m6v. ajust., 6T	20.46 (4)	18.61 (1)	23.25 (1)
Prom. pond. exp. ajust., $\alpha = 0.1$	17.27 (1)	23.69	29.29 (5)
Prom. pond. exp. ajust., $\alpha = 0.2$	19.45 (3)	20.71 (3)	26.83 (4)
Prom. pond. exp. ajust., $\alpha = 0.3$	21.42 (5)	22.39 (5)	29.32
Prom. pond. exp. ajust., $\alpha = 0.4$	22.44	28.15	32.35

## CUADRO # 15B

ERRORES DE LOS PRONOSTICOS ANUALES CON Y  
SIN ESTACIONALIDAD PARA LOS ULTIMOS 12 MESES

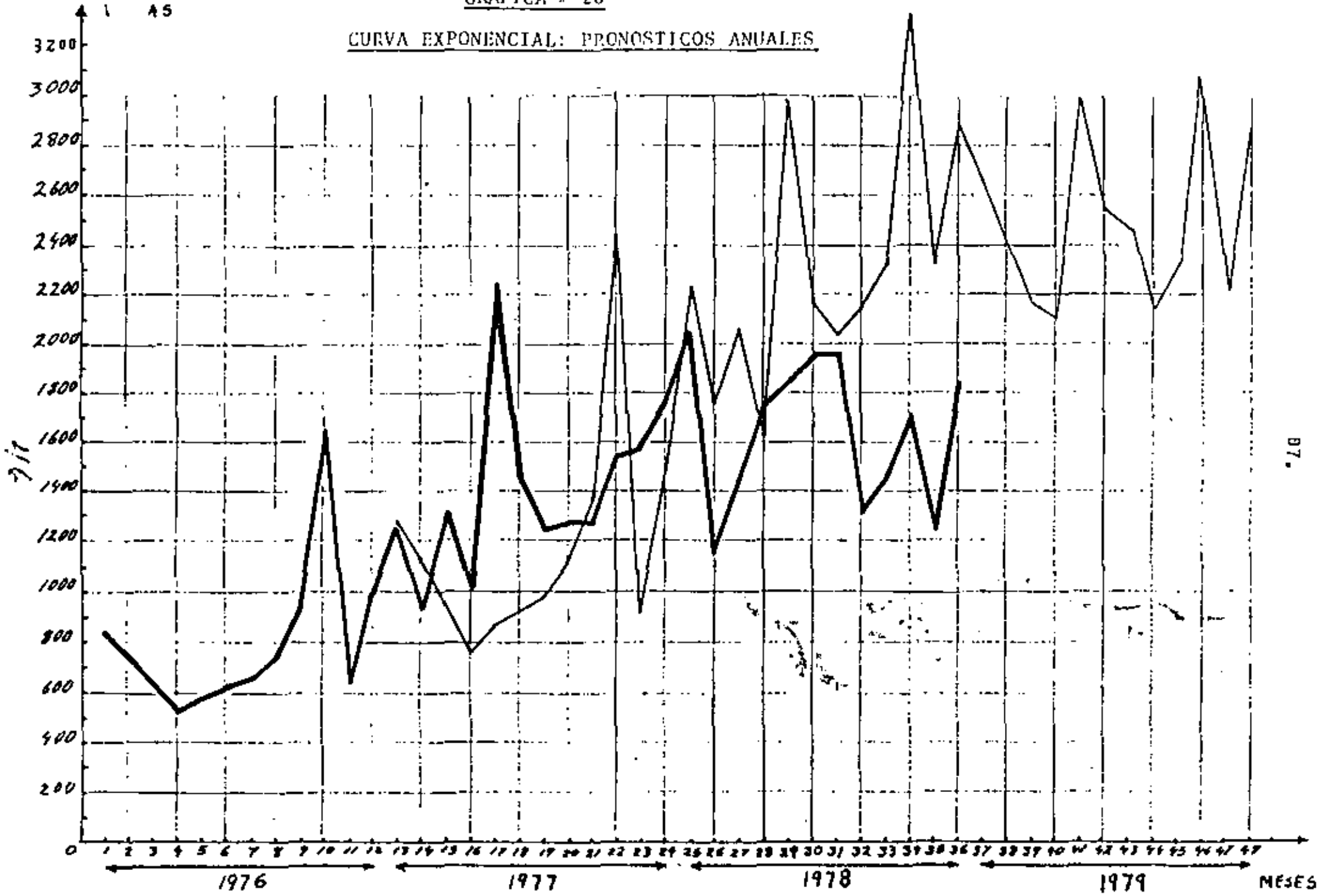
M E T O D O S	ANUAL SIN ESTAC.	ANUAL CON ESTAC.
Recta	26.00 (5)	29.67 (5)
Curva exponencial	48.73	45.70
Curva de potencia		
Promedio móvil ajustado, 2 términos	>>>	>>>
Promedio móvil ajustado, 3 términos	70.24	66.46
Promedio móvil ajustado, 4 términos	44.30	41.60
Promedio móvil ajustado, 5 términos	17.83 (2)	21.93 (3)
Promedio móvil ajustado, 6 términos	17.13 (1)	16.90 (1)
Prom. pond. exp. ajustado, $\alpha = 0.1$	18.32 (3)	21.69 (2)
Prom. pond. exp. ajustado, $\alpha = 0.2$	24.45 (4)	28.63 (4)
Prom. pond. exp. ajustado, $\alpha = 0.3$	29.03	31.38
Prom. pond. exp. ajustado, $\alpha = 0.4$	37.91	36.75
$ \bar{E}\% $	33.39	34.07

GRAFICA # 27  
RECTA: PREDICTIONS ANUALES



GRAFICA # 28

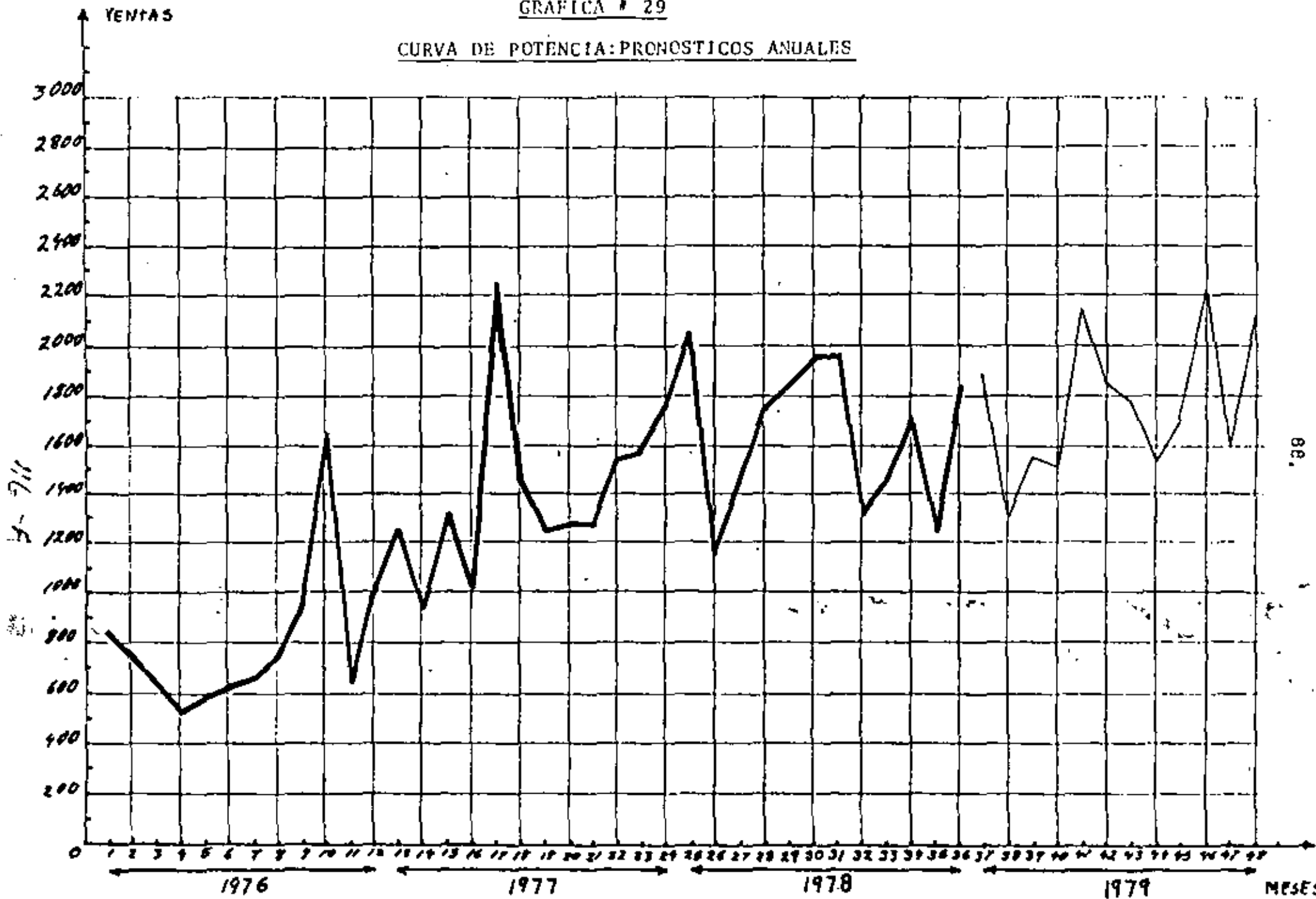
CURVA EXPONENCIAL: PRONOSTICOS ANUALES



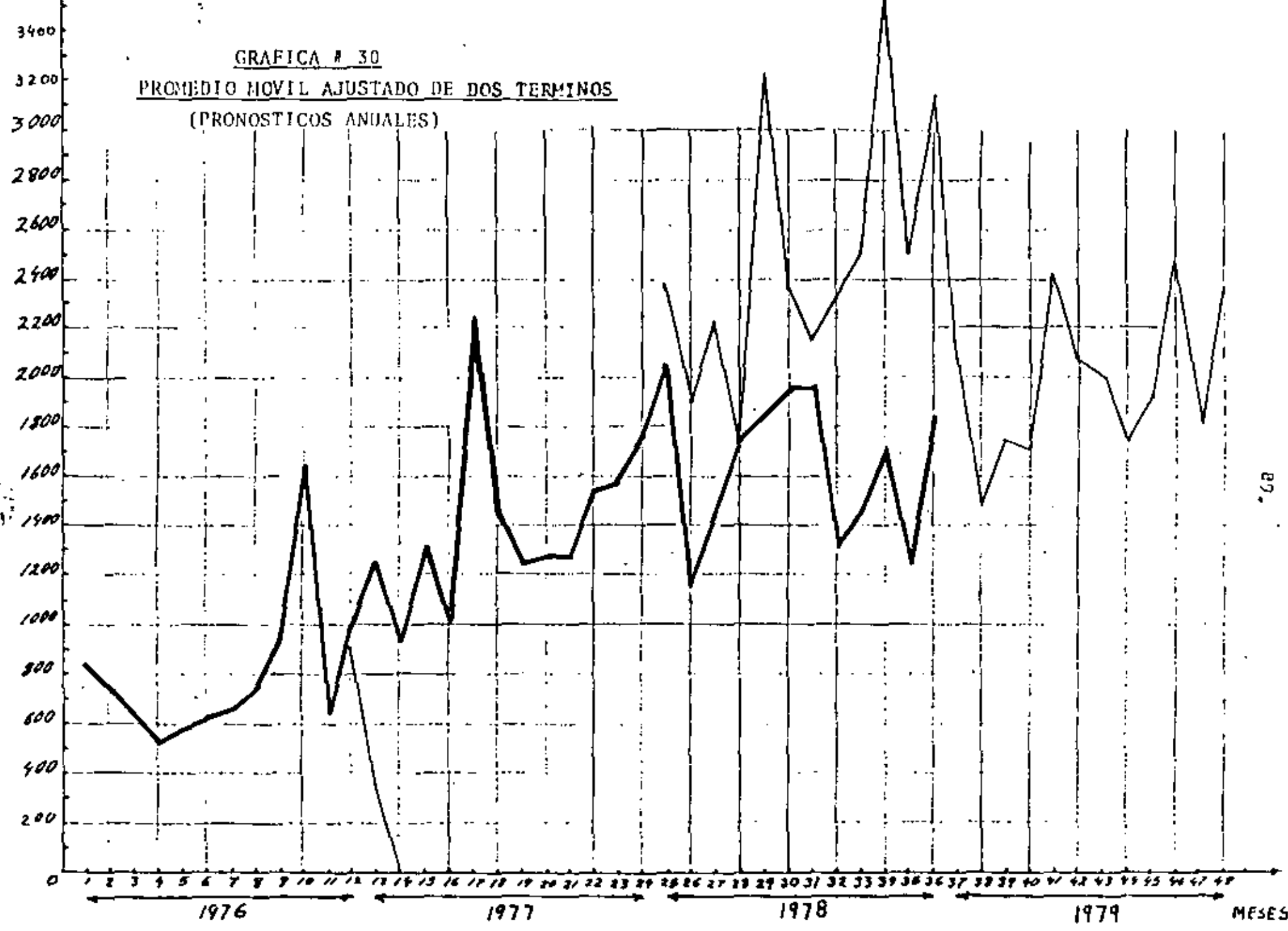


GRAFICA # 29

CURVA DE POTENCIA: PRONOSTICOS ANUALES



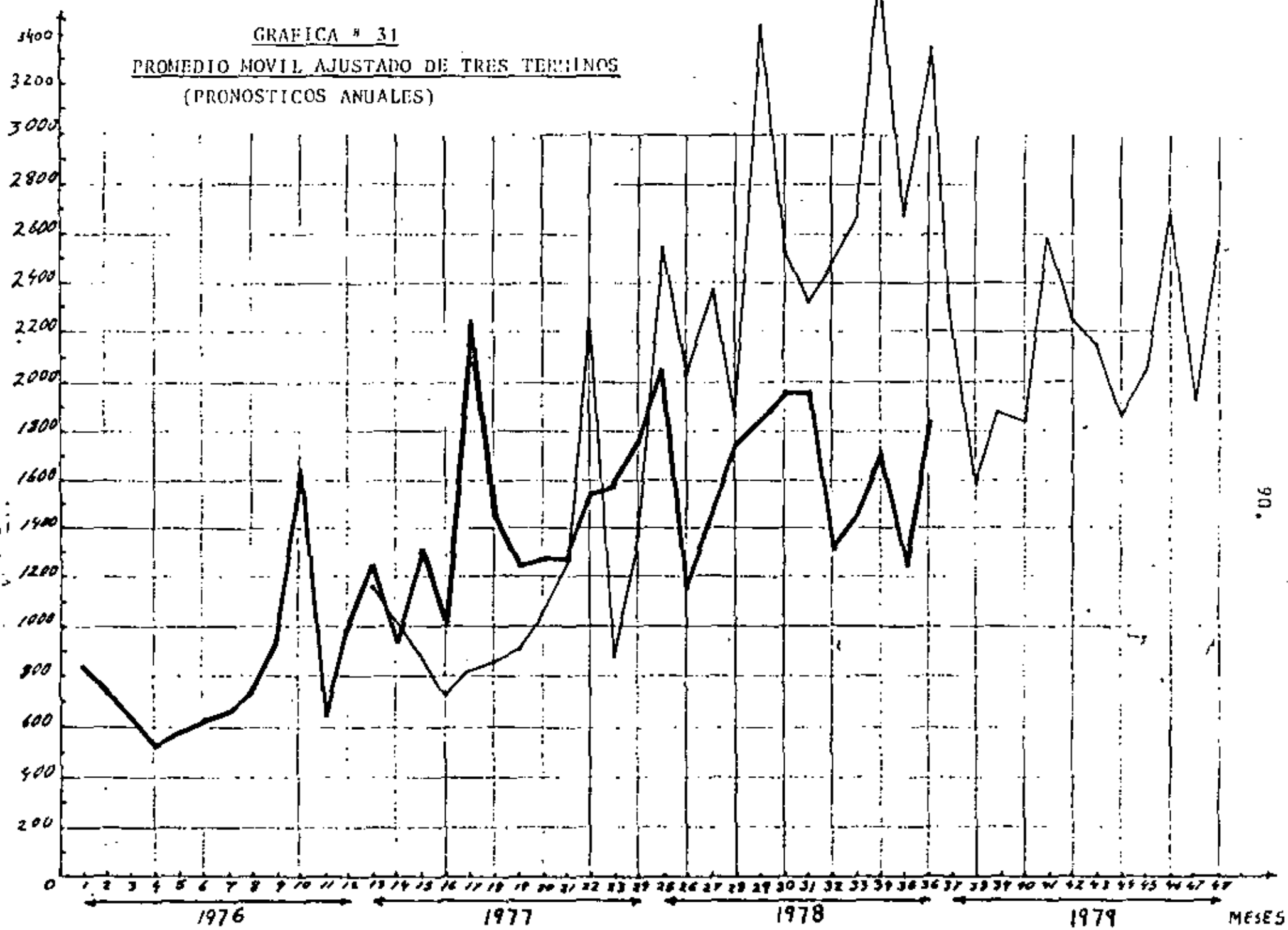
**GRAFICA # 30**  
**PROMEDIO MOVIL AJUSTADO DE DOS TERMINOS**  
**(PRONOSTICOS ANUALES)**



CG

GRAFICA # 31

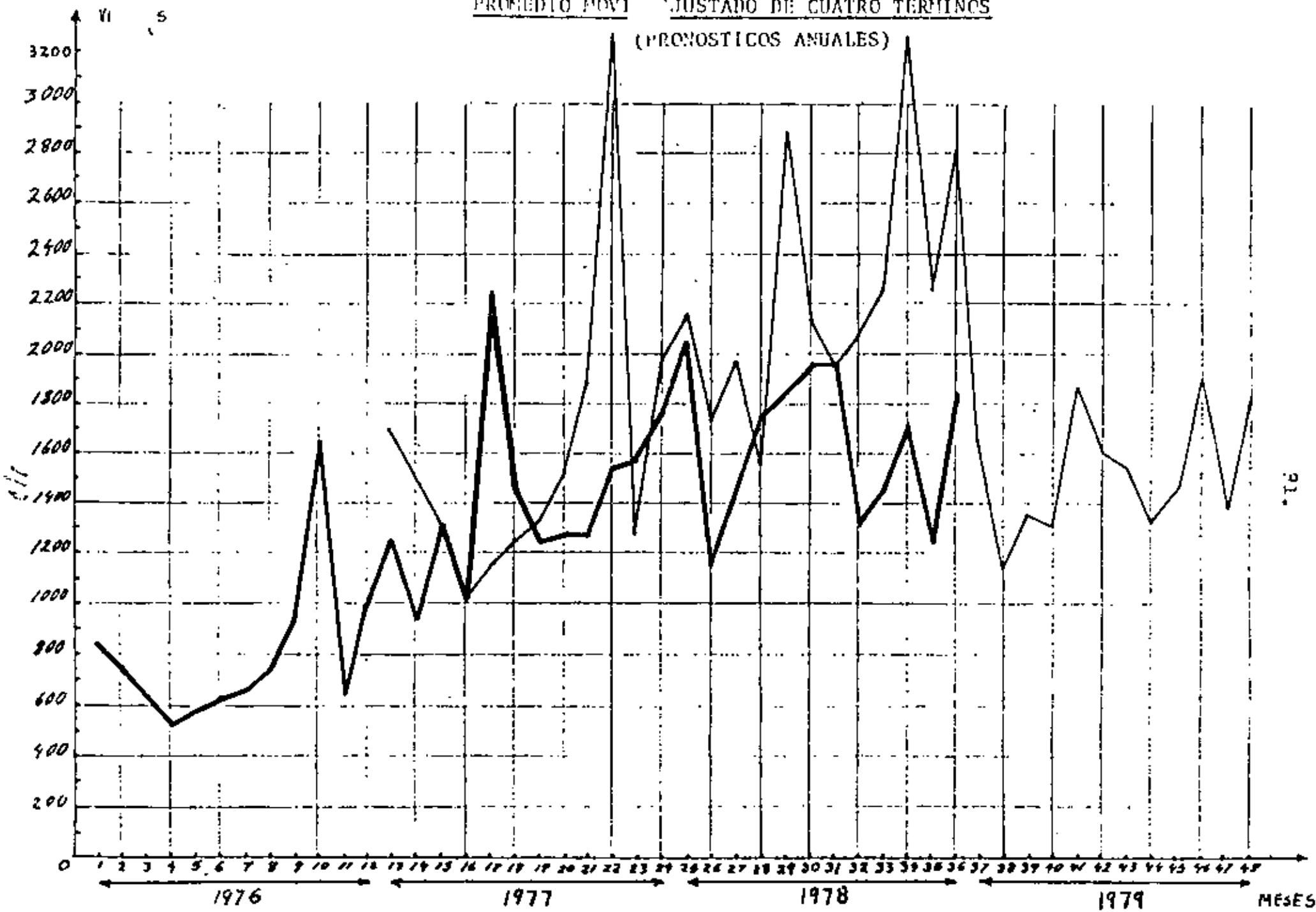
PROMEDIO MOVIL AJUSTADO DE TRES TERMINOS  
(PRONOSTICOS ANUALES)



90

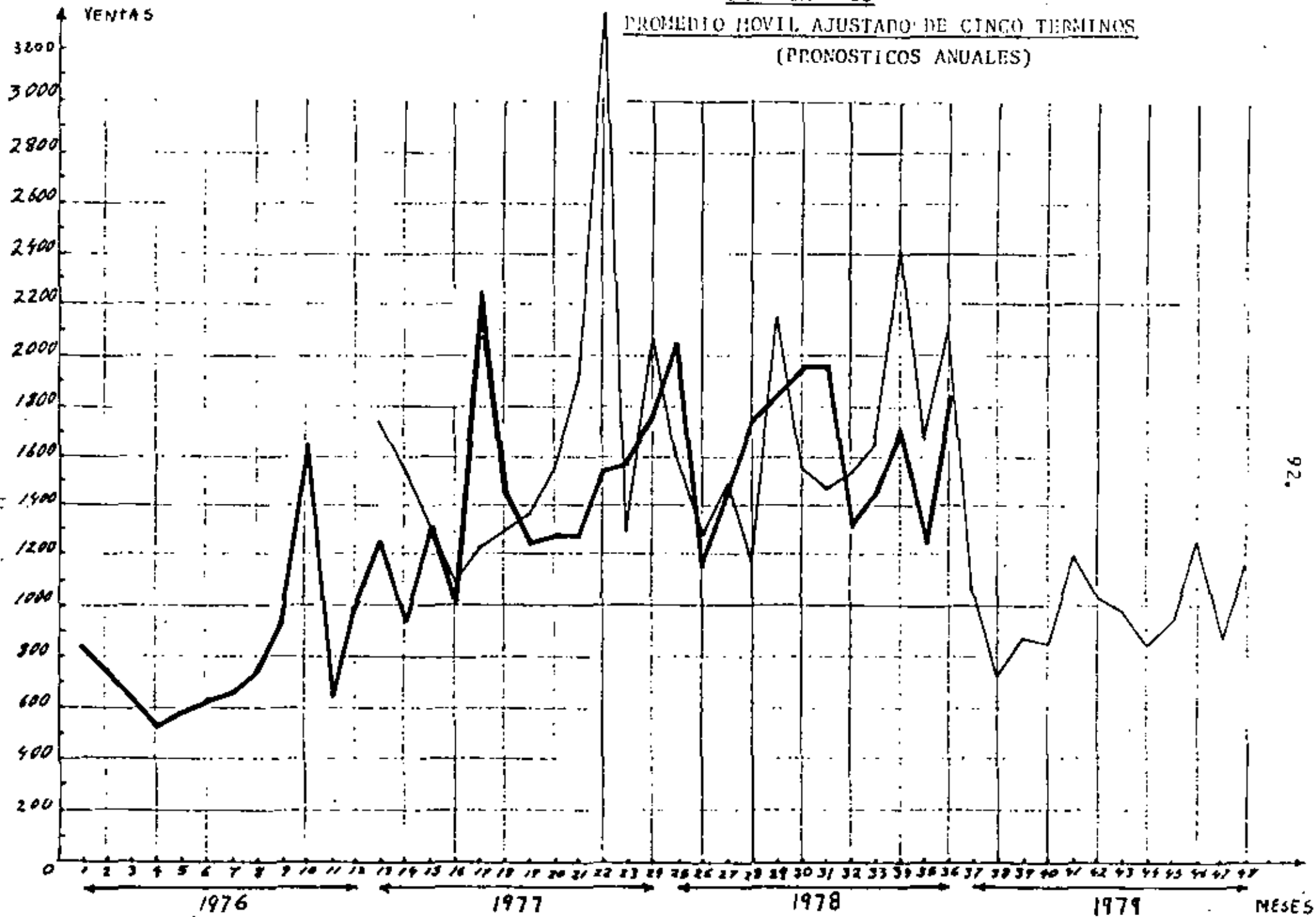
PROMEDIO MOVIL AJUSTADO DE CUATRO TERMINOS

(PRONOSTICOS ANUALES)



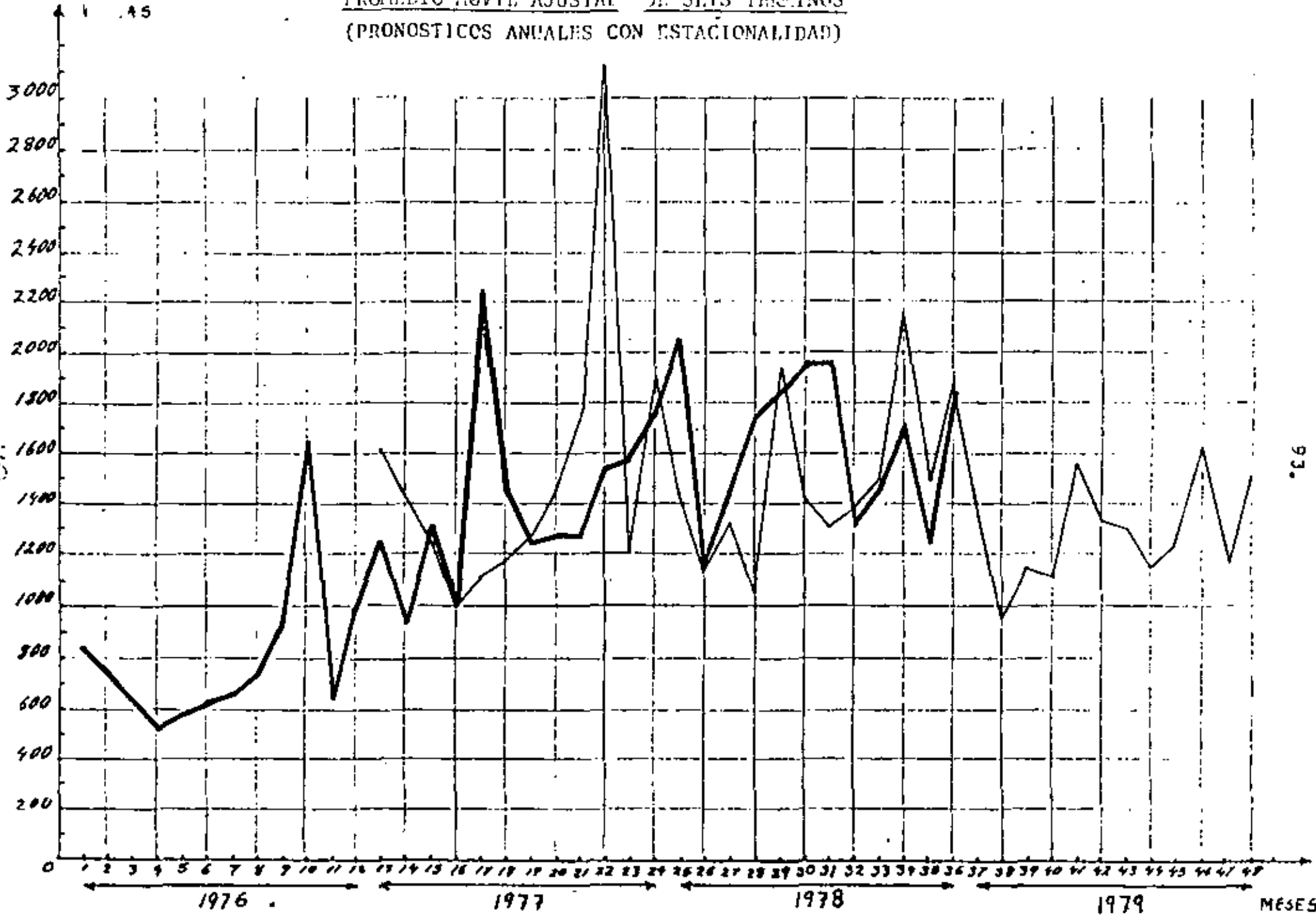
GRAFICA # 33

PROMEDIO MOVIL AJUSTADO DE CINCO TERMINOS  
(PRONOSTICOS ANUALES)



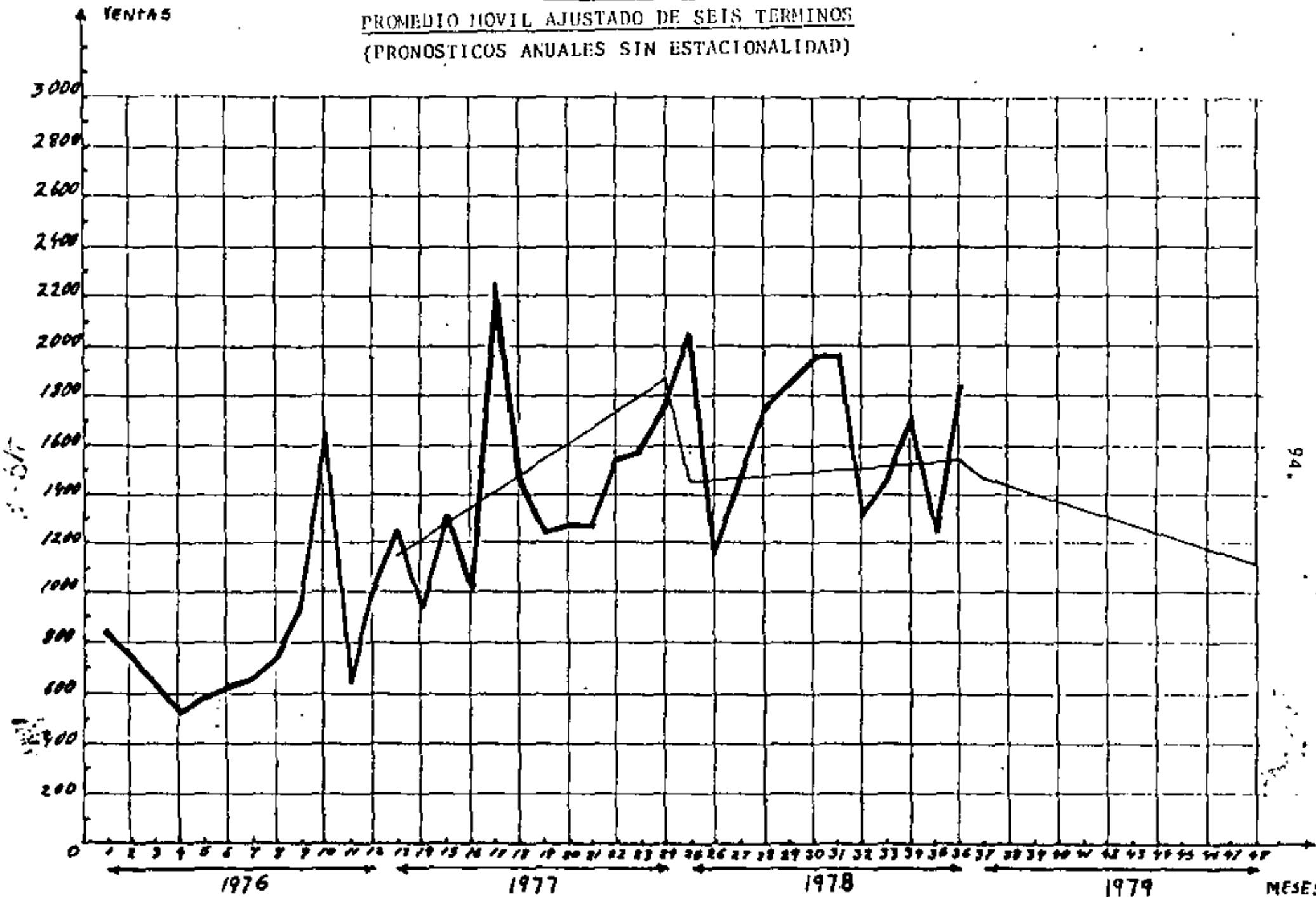
GRAFICA # 34

PROMEDIO MOVIL AJUSTAL DE SEIS TERMINOS  
(PRONOSTICOS ANUALES CON ESTACIONALIDAD)



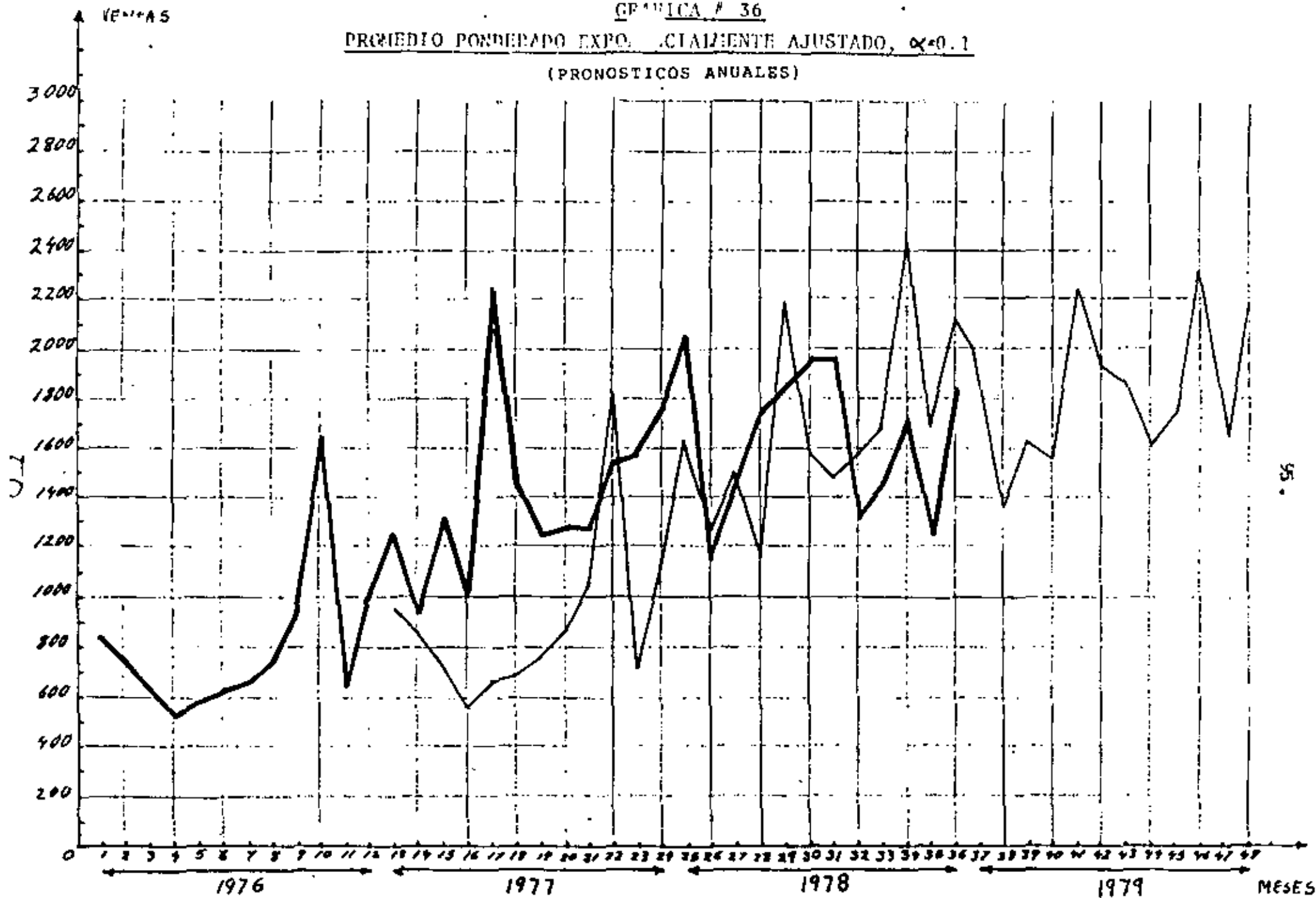
GRAFICA # 35

PROMEDIO MOVIL AJUSTADO DE SEIS TERMINOS  
(PRONOSTICOS ANUALES SIN ESTACIONALIDAD)



PROMEDIO PONDERADO EXPONENCIALMENTE AJUSTADO,  $\alpha=0.1$

(PRONOSTICOS ANUALES)

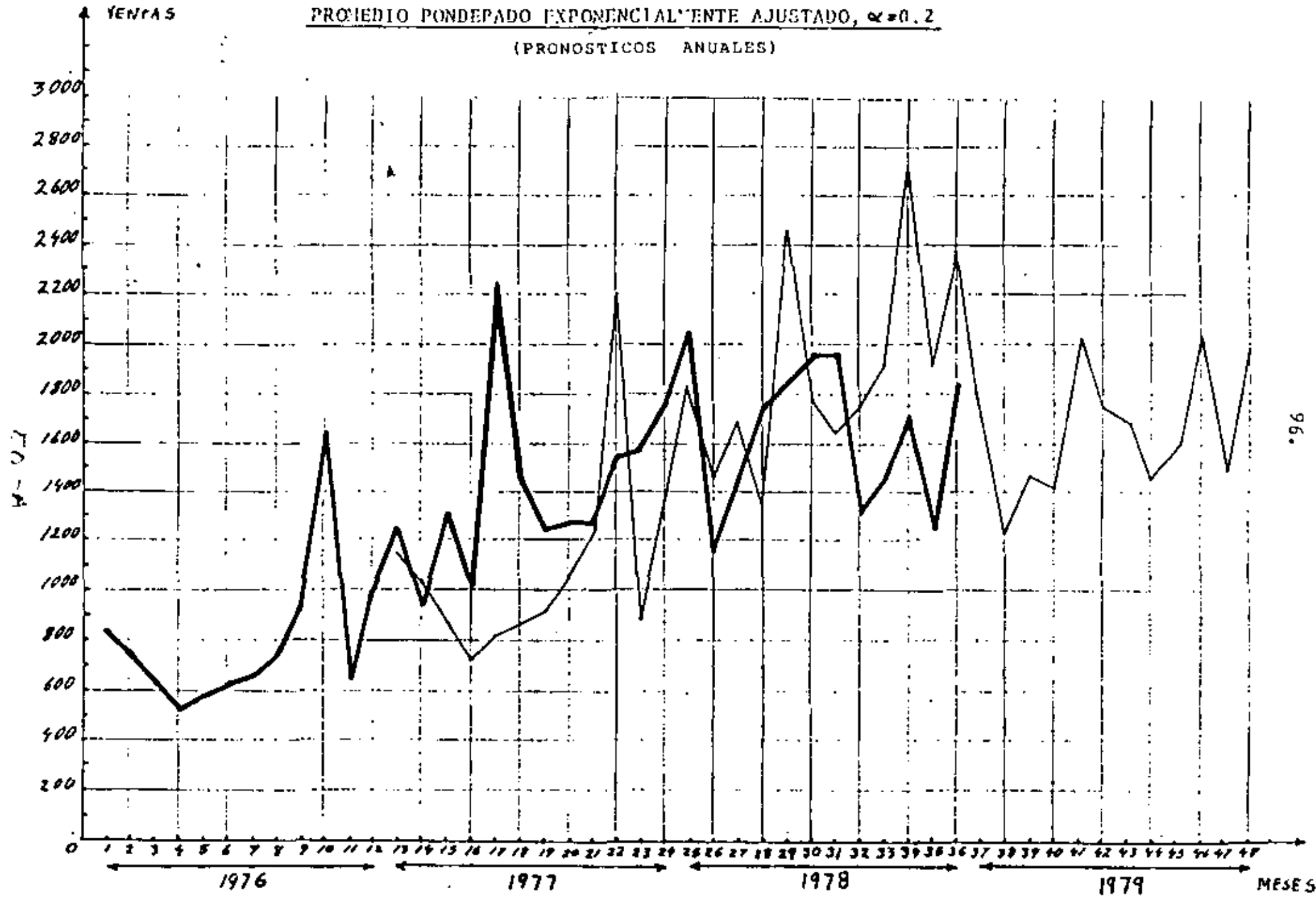




GRAFICA # 37

PROMEDIO PONDERADO EXPONENCIALMENTE AJUSTADO,  $\alpha = 0.2$

(PRONOSTICOS ANUALES)

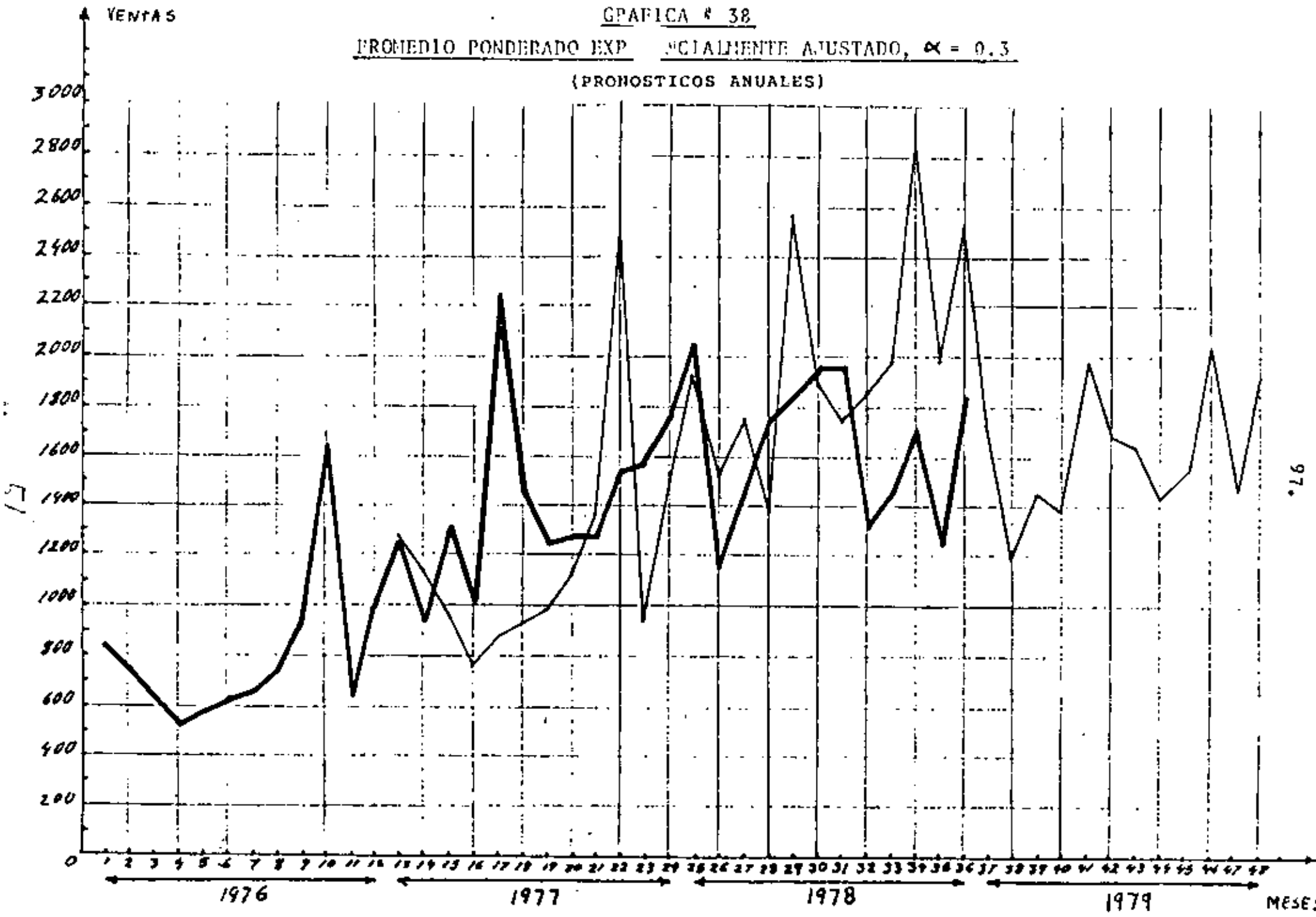


96.

GRAFICA # 38

PRONOSTIO PONDERADO EXPONENCIALMENTE AJUSTADO,  $\alpha = 0.3$

(PRONOSTICOS ANUALES)

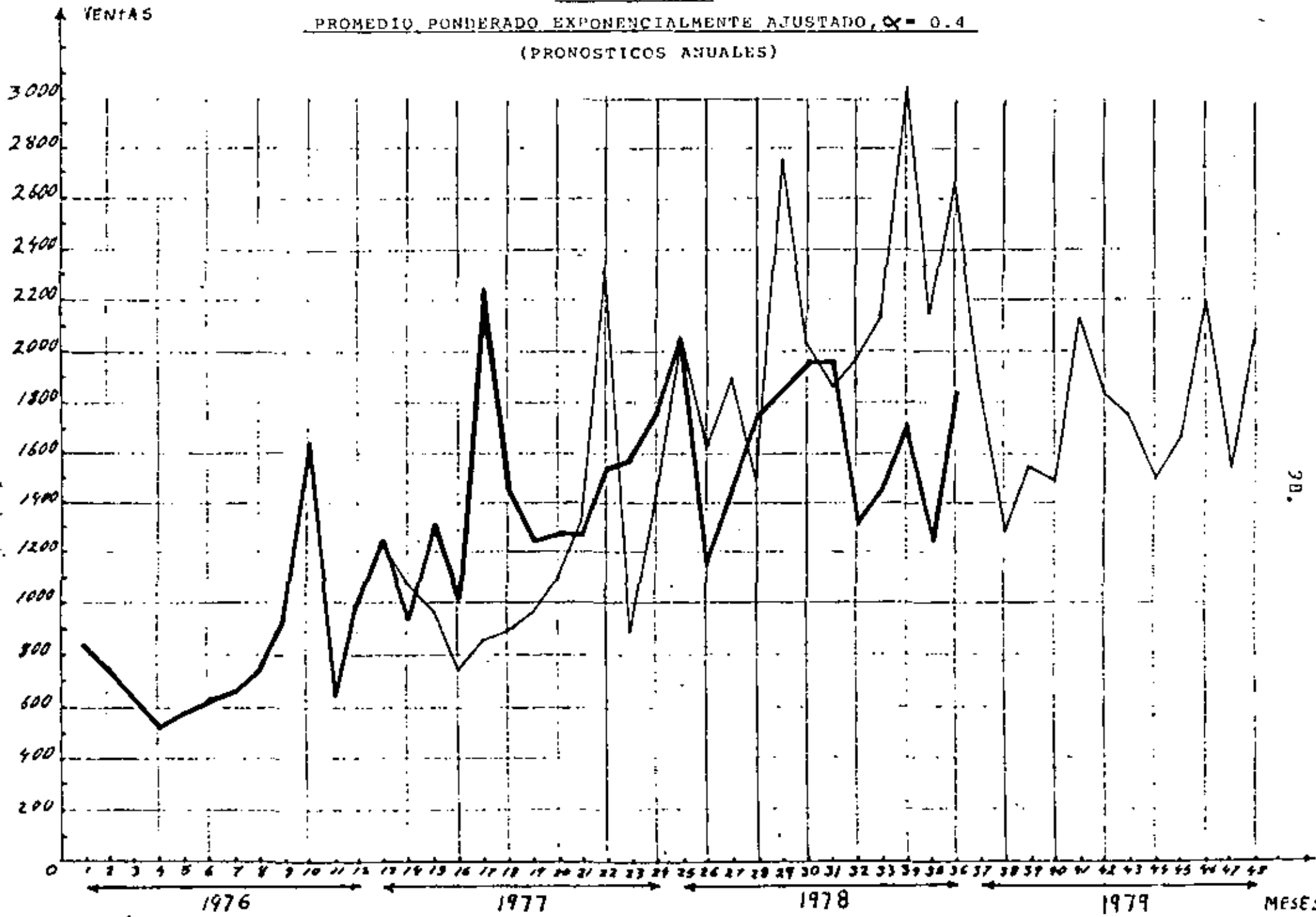


97.

GRAFICA \* 39

PROMEDIO PONDERADO EXPONENCIALMENTE AJUSTADO,  $\alpha = 0.4$

(PRONOSTICOS ANUALES)



90.

## 2.5. CONCLUSIONES

El procedimiento descrito en los incisos 2.3. y 2.4 fue aplicado a las ventas de otras 2 Empresas de la Ciudad de México. Llamemos a la Empresa del inciso 2.4 Empresa "A" y a las otras dos Empresas "B" y "C". En este inciso presentamos inicialmente los resultados que fueron obtenidos para estas 2 Empresas y después un resumen general de todo el análisis.

En los cuadros # 16 y # 17 presentamos los resultados correspondientes a los pronósticos mensuales y anuales de la Empresa B. En ambos casos el mejor método fue el del promedio ponderado exponencialmente ajustado con  $\alpha = 0.1$  (véanse las gráficas # 40 y # 41).

En los cuadros # 18 y # 19 presentamos los resultados obtenidos para la Empresa C. El mejor método para los pronósticos mensuales fue el promedio móvil simple de dos términos (véase la gráfica # 42) y el mejor método para los pronósticos anuales fue la curva exponencial (véase la gráfica # 43).

En cuanto a la estacionalidad, es interesante observar que en el caso de la Empresa B los errores de los pronósticos anuales con estacionalidad fueron en promedio ligeramente menores que los errores de los pronósticos anuales sin estacionalidad ( 32.22% y 33.58%, cuadro # 17 ). Esto sugiere que para esta Empresa los pronósticos anuales deberán realizarse teniendo en cuenta la estacionalidad, aunque la diferencia no sea muy significativa. Sería conveniente en el futuro seguir pronosticando con y sin estacionalidad para establecer definitivamente cual de las dos alternativas es la mejor. En lo que se refiere a la Empresa C, está bastante claro que los pronósticos anuales sin estacionalidad son mejores (cuadro # 19).

## CUADRO # 16

## EMPRESA "B"

## PRONOSTICOS MENSUALES (RASTRED)

M E T O D O S	E%
Ajuste de una línea recta	28.43
Recta progresiva	26.73
Ajuste de una curva exponencial	23.24
Curva exponencial progresiva	25.85 (4)
Ajuste de una curva de potencia	
Curva de potencia progresiva	
Promedio móvil simple, 1 término	33.80
Promedio móvil simple, 2 términos	32.98
Promedio móvil simple, 3 términos	29.90
Promedio móvil simple, 4 términos	26.94
Promedio móvil simple, 5 términos	26.01 (5)
Promedio móvil simple, 6 términos	27.14
Promedio móvil ajustado, 2 términos	48.00
Promedio móvil ajustado, 3 términos	44.68
Promedio móvil ajustado, 4 términos	36.24
Promedio móvil ajustado, 5 términos	30.58
Promedio móvil ajustado, 6 términos	30.58
Prom. pond. exp., $\alpha = 0.1$	25.79 (3)
Prom. pond. exp., $\alpha = 0.2$	24.88 (2)
Prom. pond. exp., $\alpha = 0.3$	25.37
Prom. pond. exp., $\alpha = 0.4$	26.76
Prom. pond. exp. ajustado, $\alpha = 0.1$	24.47 (1)
Prom. pond. exp. ajustado, $\alpha = 0.2$	27.60
Prom. pond. exp. ajustado, $\alpha = 0.3$	30.99
Prom. pond. exp. ajustado, $\alpha = 0.4$	34.22

CUADRO # 17EMPRESA "B"PRONOSTICOS ANUALES CON Y SIN ESTACIONALIDAD

M E T O D O S	RASTRED (MENSUAL)	ANUAL SIN ESTAC.	ANUAL CON ESTAC.
Recta	27.16	31.10 (4)	29.05
Curva exponencial	26.10	34.50	28.00 (3)
Curva de potencia			
Prom. móv. ajust., 2T	46.54	>>>	>>>
Prom. móv. ajust., 3T	45.30	52.03	47.13
Prom. móv. ajust., 4T	36.34	31.19 (5)	29.58 (5)
Prom. móv. ajust., 5T	30.04	32.72	33.23
Prom. móv. ajust., 6T	30.20	34.86	34.42
Prom. pond. exp. ajust., $\alpha = 0.1$	25.54	26.91 (1)	21.52 (1)
Prom. pond. exp. ajust., $\alpha = 0.2$	28.24	27.72 (3)	28.50 (4)
Prom. pond. exp. ajust., $\alpha = 0.3$	31.58	27.64 (2)	27.88 (2)
Prom. pond. exp. ajust., $\alpha = 0.4$	34.88	37.03	36.11
	$\bar{E}\%$	33.58	32.22

CUADRO # 18EMPRESA "C"PRONOSTICOS MENSUALES (RASTREO)

M E T O D O S	E%
Ajuste de una línea recta	16.28
Recta progresiva	19.35
Ajuste de una curva exponencial	15.14
Curva exponencial progresiva	19.99
Ajuste de una curva de potencia	
Curva de potencia progresiva	
Promedio móvil simple, 1 término	16.11
Promedio móvil simple, 2 términos	15.07 (1)
Promedio móvil simple, 3 términos	16.60
Promedio móvil simple, 4 términos	17.44
Promedio móvil simple, 5 términos	19.15
Promedio móvil simple, 6 términos	19.37
Promedio móvil ajustado, 2 términos	16.69
Promedio móvil ajustado, 3 términos	20.52
Promedio móvil ajustado, 4 términos	22.48
Promedio móvil ajustado, 5 términos	26.56
Promedio móvil ajustado, 6 términos	27.94
Prom. pond. exp., $\alpha = 0.1$	18.43
Prom. pond. exp., $\alpha = 0.2$	16.23 (5)
Prom. pond. exp., $\alpha = 0.3$	15.69 (3)
Prom. pond. exp., $\alpha = 0.4$	15.49 (2)
Prom. pond. exp. ajustado, $\alpha = 0.1$	16.00 (4)
Prom. pond. exp. ajustado, $\alpha = 0.2$	16.82
Prom. pond. exp. ajustado, $\alpha = 0.3$	17.52
Prom. pond. exp. ajustado, $\alpha = 0.4$	17.49

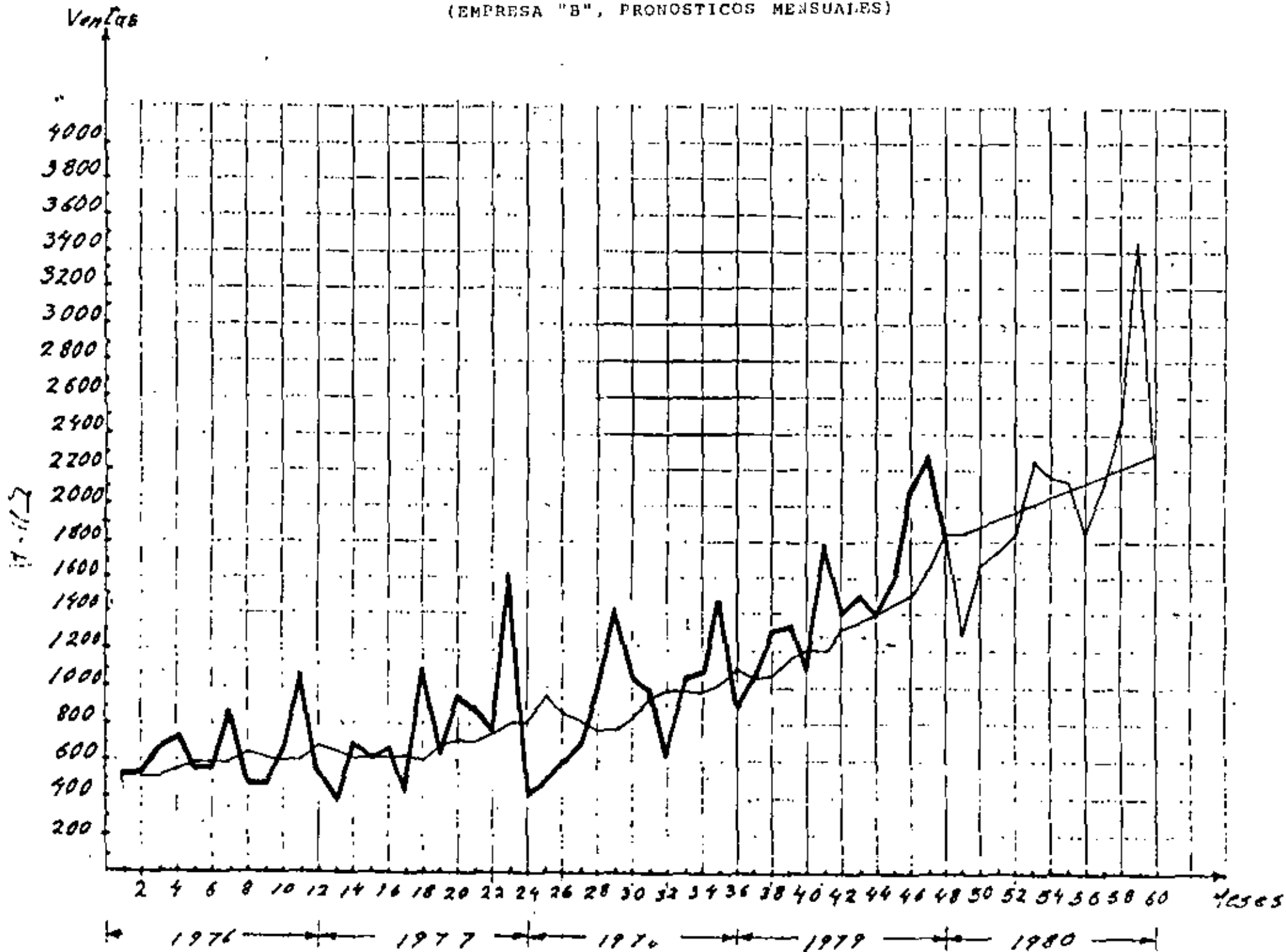
CUADRO # 19EMPRESA "C"PRONOSTICOS ANUALES CON Y SIN ESTACIONALIDAD

M E T O D O S	RASTREO (MENSUAL)	ANUAL SIN ESTAC.	ANUAL CON ESTAC.
Recta	19.15	19.56 (3)	26.05 (2)
Curva exponencial	20.32	18.47 (1)	31.50 (4)
Curva de potencia			
Prom. móv. ajust., 2T	20.86	134.04	143.00
Prom. móv. ajust., 3T	21.78	92.80	98.79
Prom. móv. ajust., 4T	24.87	45.49	50.80
Prom. móv. ajust., 5T	27.52	26.06	32.60 (5)
Prom. móv. ajust., 6T	27.52	21.92 (5)	26.36 (3)
Prom. pond. exp. ajust., $\alpha=0.1$	18.36	19.49 (2)	24.27 (1)
Prom. pond. exp. ajust., $\alpha=0.2$	19.18	20.14 (4)	36.30
Prom. pond. exp. ajust., $\alpha=0.3$	19.83	33.63	38.40
Prom. pond. exp. ajust., $\alpha=0.4$	19.21	55.53	59.07



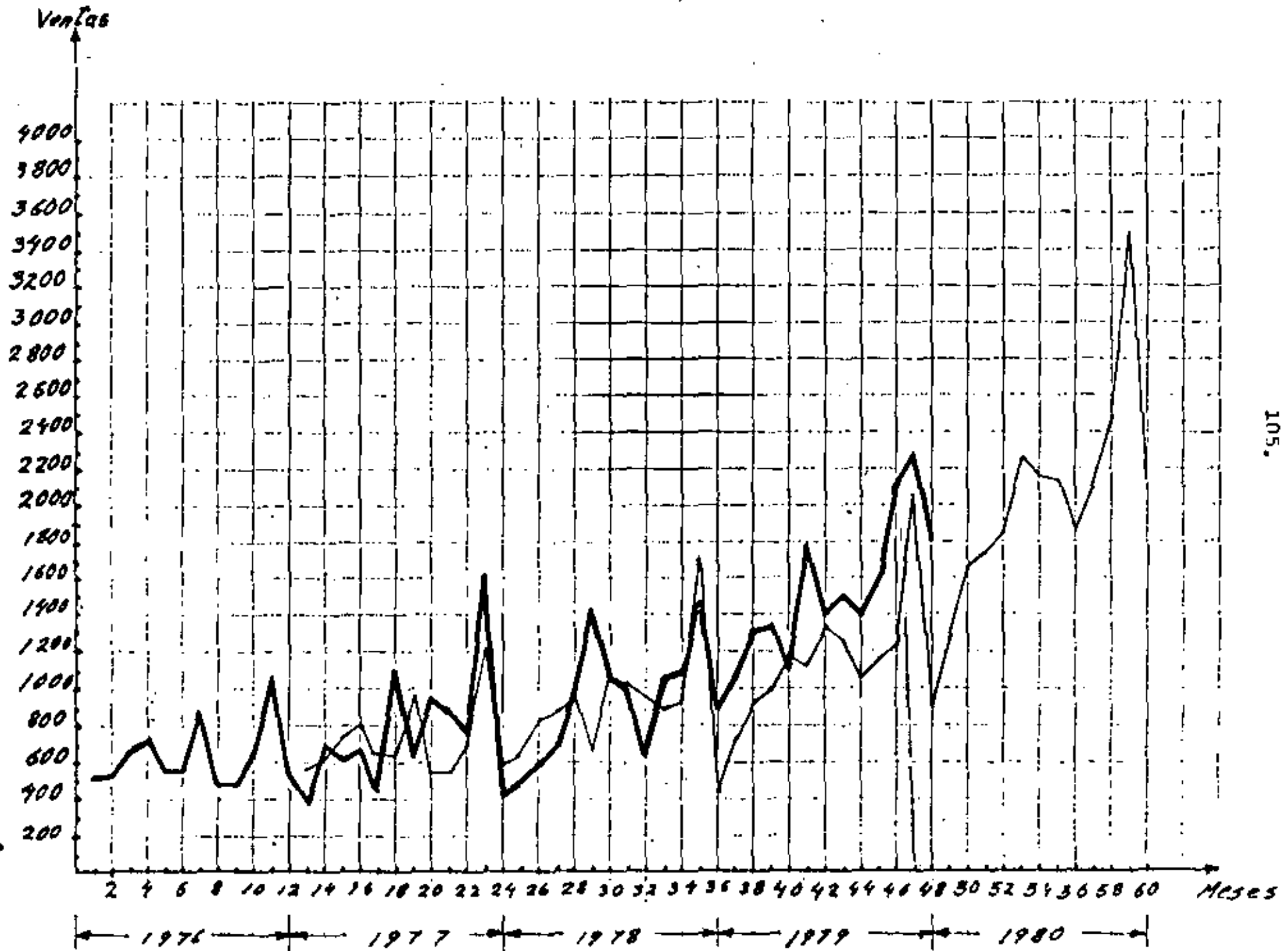
PROMEDIO PONDERADO EXPONENCIALMENTE AJUSTADO,  $\alpha = 0.1$

(EMPRESA "B", PRONOSTICOS MENSUALES)

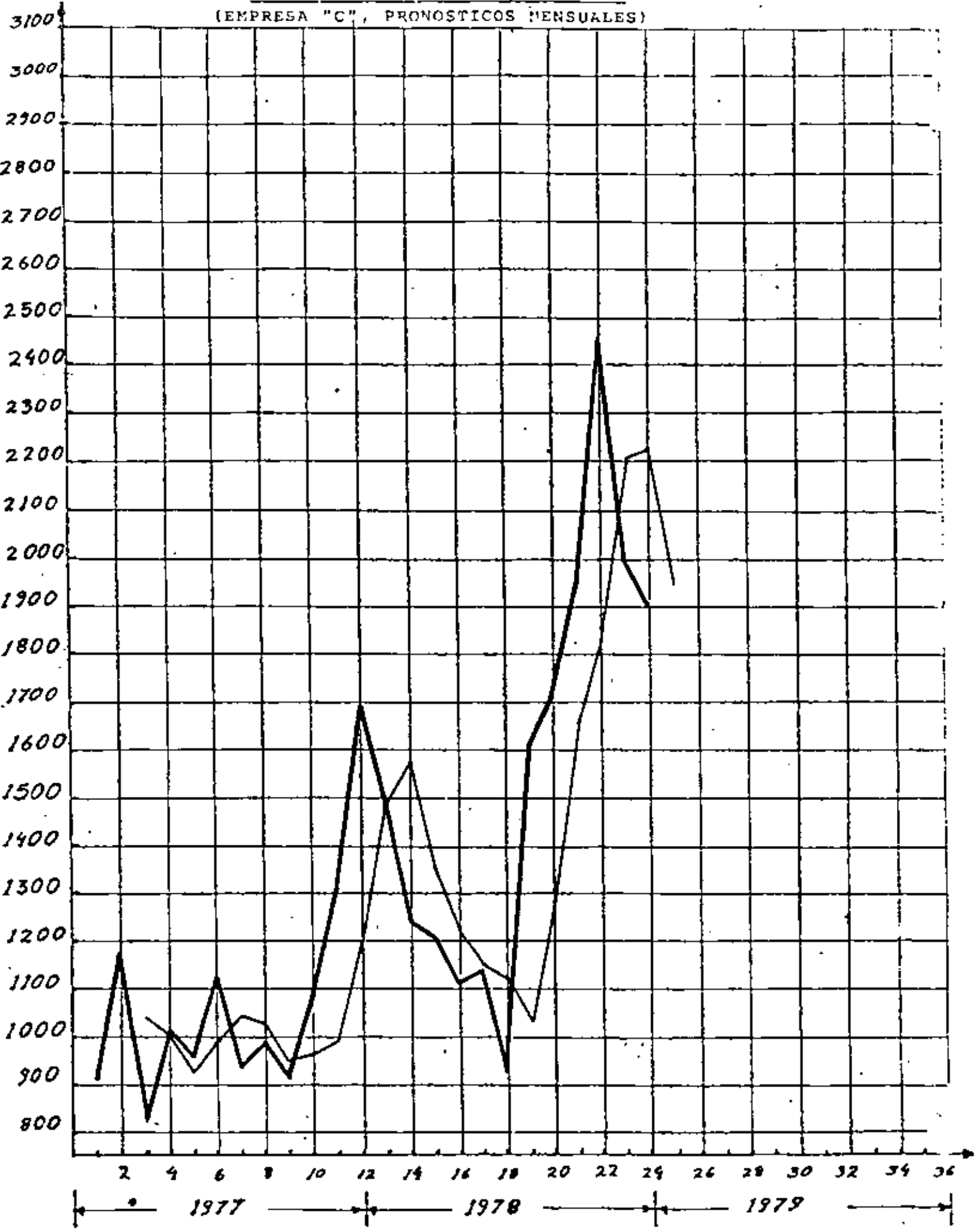


PROMEDIO PONDERADO EXPONENCIALMENTE AJUSTADO,  $\alpha = 0.1$

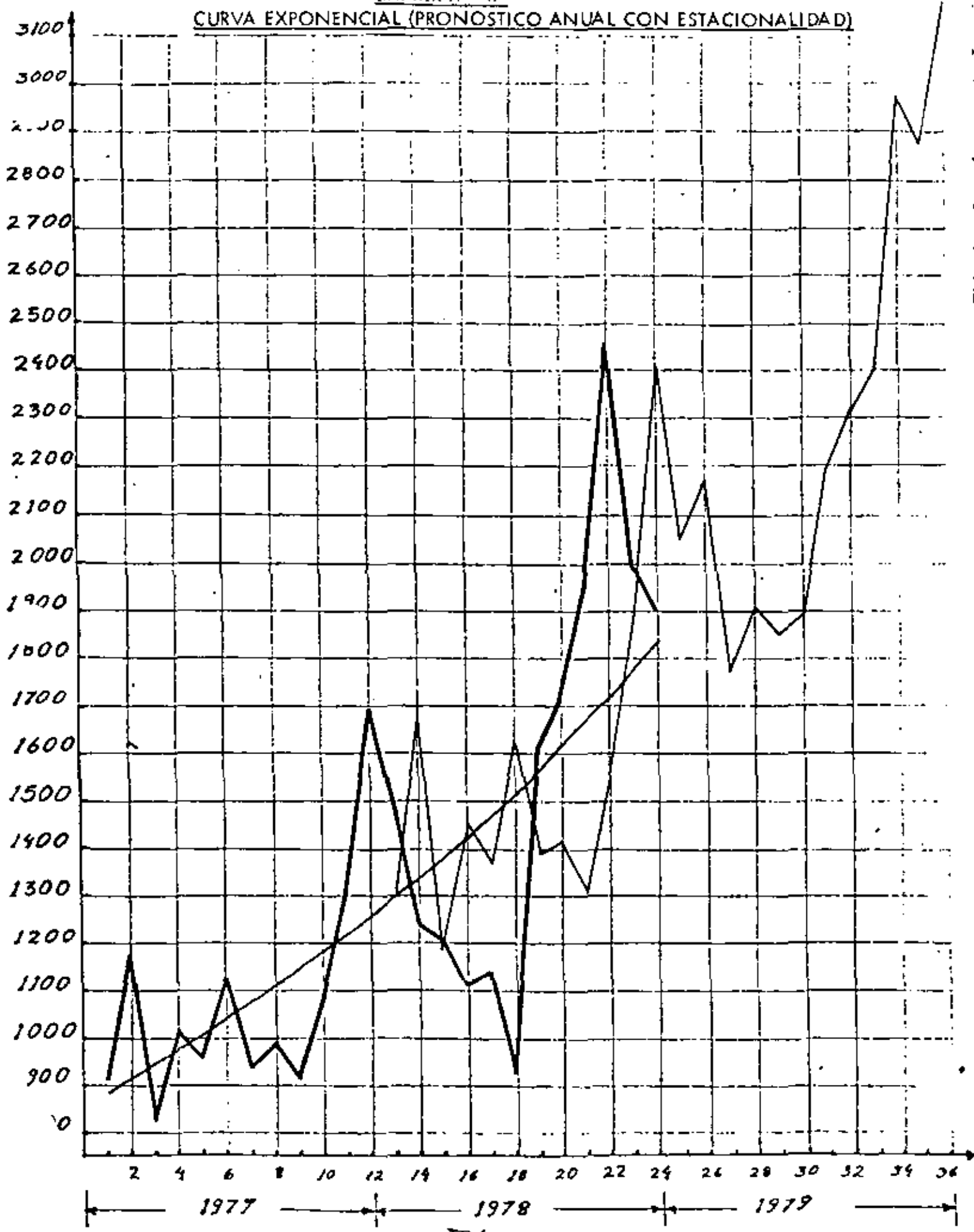
(EMPRESA "B", ) PREDICIONES ANUALES)



(EMPRESA "C", PRONOSTICOS MENSUALES)



CURVA EXPONENCIAL (PRONOSTICO ANUAL CON ESTACIONALIDAD)



56

A continuación presentamos finalmente los cuadros # 20 y # 21 que son los resúmenes de los resultados obtenidos para las 3 Empresas.

Del cuadro # 20, que muestra los errores de los pronósticos mensuales, podemos sacar las siguientes conclusiones:

- a) El método del promedio ponderado exp. ajustado con  $\alpha = 0.1$  fue el que en promedio produjo los mejores resultados. Después, en orden de importancia, estuvieron los métodos P.P.E.,  $\alpha = 0.2$ , P.P.E.,  $\alpha = 0.3$ , P.M.S., 5T y P.M.S., 6T. Obsérvese también que sólo los métodos P.P.E.A.,  $\alpha = 0.1$  y P.P.E.,  $\alpha = 0.3$  estuvieron entre los 5 primeros lugares en los 3 ejemplos.
- b) También es interesante observar que para las 3 Empresas la tasa de crecimiento y la dispersión respecto a la línea que mejor se ajusta son las siguientes:

EMPRESA	TASA DE CRECIMIENTO MENSUAL MEDIA	DISPERSION RESPECTO A LA LINEA QUE MEJOR SE AJUSTA
A	2.2%	19.0%
B	3.3%	23.2%
C	3.3%	15.1%

y que el P.M.S. con un número pequeño de términos (1, 2 y 3 términos) funciona bien cuando la tasa de crecimiento es grande y la dispersión no es muy grande, como en el caso de la Empresa C. Por otro lado, el promedio móvil con un número grande de términos (4, 5 y 6) funciona bien cuando la tasa de crecimiento es pequeña, independientemente de la dispersión, como en el caso de la Empresa A (\*). Este razonamiento explica porque ningún número de términos produjo buenos resultados para la Empresa B, ya que ésta tiene gran tasa y gran dispersión.

- c) El promedio ponderado exponencialmente ajustado con un " $\alpha$ " mayor que 0.1 no produjo buenos resultados ya que en ninguno de

(\*) Recuerdese, sin embargo, que puede ir bastante atrasado en relación a las ventas reales.

los ejemplos estuvo entre los 5 mejores métodos. Sin embargo, considerando los resultados globales de las 3 Empresas, este método con una constante  $\alpha = 0.2$  fue el 6<sup>o</sup> colocado, lo que sugiere que con esta constante el método puede conducir a buenos resultados y que por lo tanto no deberá excluirse de la lista de los métodos a utilizarse.

- d) El método del ajuste de líneas (recta, curva exponencial y curva de potencia) no parece ser bueno para la elaboración de pronósticos mensuales, ya que en un solo ejemplo estuvo entre los 5 mejores métodos, siendo sin embargo precisamente el 5<sup>o</sup> colocado en dicho ejemplo.
- e) Los promedios móviles ajustados son demasiado sensibles a los cambios bruscos de la demanda y no produjeron buenos pronósticos mensuales. Sin embargo, el método mejora mucho a la medida que aumenta el número de términos. Por ejemplo, para el caso de la Empresa A, el error del P.M.A., 6T fue de sólo 19.96%, mientras que el error del mejor método fue de 18.83%.

Vamos ahora al cuadro # 21, que nos presenta un resumen de los errores obtenidos en la elaboración de pronósticos anuales con y sin estacionalidad para las 3 Empresas. Podemos sacar las siguientes conclusiones:

- a) Para cada Empresa el mejor método fue diferente, lo que muestra la importancia de la aplicación de la técnica de simulación para cada ejemplo específico.
- b) El mejor método en promedio fue el promedio ponderado exponencialmente ajustado con  $\alpha = 0.2$ , aunque la diferencia entre el error medio de éste y los errores medios del promedio ponderado exponencialmente ajustado con  $\alpha = 0.1$  y de la recta, no fue muy significativa. Obsérvese también que el ajuste de líneas (recta, curva exponencial y curva de potencia) funciona muy

cho mejor que en el caso de los pronósticos mensuales (rastras).

- c) Para la elaboración de pronósticos anuales no es conveniente usar un promedio móvil ajustado con menos de 5 términos y en promedio 6 términos resultó mejor que 5 términos. Obviamente, también se podrá usar promedios con más de 6 términos y cualquiera de ellos podrá resultar el mejor en un ejemplo específico.
- d) Los valores  $\alpha = 0.1$  y  $\alpha = 0.2$  son mucho mejores que los valores  $\alpha = 0.3$  y  $\alpha = 0.4$ , probablemente porque estos últimos dan demasiada importancia a las últimas demandas y extrapolan tendencias no representativas de la tendencia general de las ventas. Lo mismo ocurre con el promedio móvil ajustado con un número de términos pequeño.

Podemos ahora hacer un resumen de todas las conclusiones que hemos sacado en lo que se refiere a la elaboración de pronósticos mensuales y anuales:

- a) Para cada Empresa el mejor método de pronósticos es diferente, lo que demuestra la importancia de la aplicación de la técnica de simulación.
- b) Los métodos P.P.E.A.,  $\alpha = 0.1$ , P.P.E.,  $\alpha = 0.2$  y P.P.E.,  $\alpha = 0.3$  son muy buenos para los pronósticos mensuales.
- c) El promedio móvil simple con un número de términos pequeño (1, 2 ó 3) produce buenos pronósticos mensuales cuando la tasa de crecimiento es grande y la dispersión es pequeña.
- d) El promedio móvil simple con un número de términos mayor que 3 produce buenos pronósticos mensuales sólo cuando la tasa de crecimiento es pequeña o los incrementos mensuales son decrecientes.
- e) El método P.P.E.A. con un valor de " $\alpha$ " mayor que 0.2 no produce buenos pronósticos mensuales.

- f) El promedio móvil ajustado no produce buenos pronósticos mensuales, principalmente cuando el número de términos es pequeño (1, 2 ó 3).
- g) El método del ajuste de líneas (recta, curva exponencial y curva de potencia) no produce buenos pronósticos mensuales. Sin embargo funcionan mucho mejor para la elaboración de pronósticos anuales. Si utilizamos para cada caso específico la línea que mejor se ajusta a los datos, seguramente obtendremos buenos pronósticos anuales. Es importante probar el ajuste DE LOS TRES TIPOS DE LINEAS.
- h) Los métodos P.P.E.A.,  $\alpha = 0.1$  y P.P.E.A.,  $\alpha = 0.2$  son los mejores métodos para la elaboración de pronósticos anuales. Por otro lado, los métodos P.P.E.A.,  $\alpha = 0.3$  y P.P.E.A.,  $\alpha = 0.4$  no producen buenos resultados. Si aumentamos el valor de " $\alpha$ " todavía más, seguramente los resultados serán peores.
- i) Para la elaboración de pronósticos anuales, no se debe usar un promedio móvil ajustado con un número de términos menor que 5.
- j) La técnica de simulación es particularmente útil para determinar la conveniencia de considerar o no la estacionalidad de los datos.



## CUADRO # 20

RESUMEN DE LOS PRONOSTICOS MENSUALES  
DE LAS EMPRESAS A, B Y C

METODOS	EMPRESA "A"	EMPRESA "B"	EMPRESA "C"	E <sub>x</sub>
Recta	20.31	28.43	16.28	21.67
Recta prog.	21.23	26.73	19.35	22.40 (9)
Curva exp.	19.98	23.24	15.14	19.45
Curva exp. prog.	23.08	25.83 (5)	19.99	22.97
Curva pot.	21.37			
Curva pot. prog.	19.75			
P.M.S., 1T	25.73	33.80	16.11 (5)	25.21
P.M.S., 2T	23.12	32.98	15.07 (1)	23.72
P.M.S., 3T	21.69	29.90	16.60	22.73
P.M.S., 4T	21.49	26.94	17.44	21.96 (7)
P.M.S., 5T	19.51 (4)	26.07	19.15	21.58 (4)
P.M.S., 6T	18.83 (1)	27.14	19.37	21.78 (5)
P.M.A., 2T	35.24	48.00	16.69	33.31
P.M.A., 3T	29.81	44.68	20.52	31.67
P.M.A., 4T	31.50	36.24	22.48	30.07
P.M.A., 5T	26.78	30.58	26.56	27.97
P.M.A., 6T	19.96	30.58	27.94	26.16
P.P.E., $\alpha = 0.1$	22.30	25.79 (4)	18.43	22.17 (8)
P.P.E., $\alpha = 0.2$	19.39 (2)	24.88 (2)	16.23	20.17 (2)
P.P.E., $\alpha = 0.3$	19.65 (5)	25.37 (3)	15.69 (2)	20.24 (3)
P.P.E., $\alpha = 0.4$	25.04	26.76	15.99 (3)	22.60(10)
P.P.E.A., $\alpha = 0.1$	19.47 (3)	24.47 (1)	16.00 (4)	19.98 (1)
P.P.E.A., $\alpha = 0.2$	21.10	27.60	16.82	21.84 (6)
P.P.E.A., $\alpha = 0.3$	23.04	30.99	17.52	23.85
P.P.E.A., $\alpha = 0.4$	25.04	34.22	17.49	25.58

CUADRO # 21

RESUMEN DE LOS PRONOSTICOS ANUALES  
DE LAS EMPRESAS A, B Y C

METODOS	EMPRESA "A"		EMPRESA "B"		EMPRESA "C"		$\bar{E}\%$
	SIN EST.	CON EST.	SIN EST.	CON EST.	SIN EST.	CON EST.	
Recta	20.20(2)	28.33(3)	31.10(4)	29.85	19.56(3)	26.05(2)	25.85(3)
Curva exp.	31.77	36.43	34.58	28.00(3)	18.47(1)	31.50(5)	30.13
Curva de pot.							
P.M.A., 2T	>>>	>>>	>>>	>>>	>>>	>>>	>>>
P.M.A., 3T	46.20	47.65	52.03	47.13	92.80	98.79	64.10
P.M.A., 4T	34.04	38.18	31.19(5)	29.58(5)	45.49	50.80	38.21
P.M.A., 5T	22.25(4)	27.57(2)	32.72	33.23	26.06	32.60	29.07(5)
P.M.A., 6T	18.61(1)	23.25(1)	34.86	34.42	21.92(5)	26.36(4)	26.57(4)
P.P.E.A., $\alpha=0.1$	23.69	29.29	26.91(1)	27.52(1)	19.49(2)	24.27(1)	25.70(2)
P.P.E.A., $\alpha=0.2$	20.71(3)	28.83(4)	27.72(3)	28.50(4)	20.14(4)	26.30(3)	25.37(1)
P.P.E.A., $\alpha=0.3$	22.39(5)	29.32(5)	27.64(2)	27.88(2)	33.63	38.40	29.88
P.P.E.A., $\alpha=0.4$	28.15	32.35	37.03	36.11	55.53	59.07	41.37

59

113

III- INVENTARIOS3.1. Introducción

La función básica de los inventarios, sean éstos de materias primas, material semi-procesado o productos terminados, es mantener relativamente independientes las siguientes actividades:

- a) Compra de materias primas
- b) Producción
- c) Ventas

Los inventarios actúan como resortes según se muestra a continuación:



FIGURA 1

Como se puede observar, los inventarios de materias primas son necesarios para separar "Producción" de "Compras" y los inventarios de productos terminados sirven para separar "Producción" de "Ventas".

Otro tipo de inventario es el de material semi-procesado. Este podrá ser de dos tipos:

a) Es el inventario inevitable que resulta del hecho que la fabricación de cualquier producto tarda un dado número de unidades de tiempo (horas, días, meses, etc) y durante este tiempo el material estará almacenado en la planta y pasando por las diversas etapas del proceso productivo.

b) Es el inventario de piezas o material semi-procesado que muchas veces es conveniente fabricar y almacenar en pequeños almacenes (separados o no del almacén principal) o entre los puestos de trabajo (por ejemplo en las líneas de producción) para que el flujo de materiales sufra nunca problemas de continuidad. Estos inventarios son particularmente útiles:

- Cuando no es económico fabricar ciertas piezas cada vez que se produce un dado producto.
- Cuando una misma pieza es utilizada en la fabricación de varios productos diferentes.
- Para eliminar problemas debido a la variación de la duración de las operaciones en las líneas de producción o de ensamble.

Los costos que generalmente son considerados en el estudio de los inventarios son los siguientes:

a) Costos de preparación

Estos son los costos de preparación de las máquinas para la fabricación de un dado lote de productos o los costos de "preparación" de los pedidos de compra de materiales.

El costo de preparación de las máquinas no depende del número de productos del lote de fabricación, y, análogamente, el costo de preparación de un pedido de compra de materiales no depende del número de productos a comprar o del tamaño del pedido. En otras palabras, los costos totales de preparación de las máquinas y de los pedidos (durante un dado período) son proporcionales al número de lotes producidos y al número de pedidos realizados, respectivamente.

Generalmente no es fácil calcular estos costos fijos por lote de fabricación o por pedido. En lo que se refiere al costo de preparación de los

pedidos (también llamados costos de requisición), es importante señalar que no se debe simplemente dividir el costo total de la "sección de preparación de pedidos" (correspondiente a un dado período) entre el número de pedidos preparados en este mismo período, puesto que gran parte de los costos de dicha "sección" no dependen del número de pedidos realizados, sino que son fijos por período. Por lo tanto, hemos que tener mucha cuidado para identificar aquellos costos en los cuales se incurren únicamente cuando se lleva a cabo la preparación de un nuevo pedido.

Algunos costos relativos a la realización de un pedido son los siguientes:

- a) Costo de la realización del pedido propiamente dicho.
- b) Costo para seguir los trámites necesarios hasta que el mismo llegue al cliente.
- c) Costo relacionado con la entrega de los materiales (transporte, trámites de entrega, inspección, etc)
- d) Costo relacionado con el transporte del material recibido hasta los almacenes de la empresa.
- e) Etc.

Vale la pena señalar que, dependiendo del caso, algunos de estos costos pueden ser fijos o variables según el tamaño del pedido. Por ejemplo, el costo de inspección podrá ser proporcional al número de productos o unidades del pedido.

En lo que se refiere a los costos de preparación de las máquinas, más o menos los mismos tipos de problemas existen, es decir, no es fácil identificar los elementos de costos que únicamente dependen del número de lotes fabricados en un dado período. Vale la pena resaltar que no solamente los costos de la preparación propiamente dicha varían según el número de lotes fabricados. Por ejemplo, si el número de lotes es grande, la planeación y el control de la producción serán generalmente más complejos y consecuentemente parte de los costos correspondientes a esta actividad dependerá del número de lotes fabricados. Sin embargo no es fácil determinar que porcentaje de éstos depende del número de lotes y que porcentaje es fijo por período. (\*)

#### b) Costos de producción

Estos deben incluir los costos de todas las etapas del proceso productivo, desde la recepción de materias primas hasta la introducción del producto en el almacén de productos terminados. En otras palabras, estos costos representan la inversión total de capital para la producción de una unidad (materias primas, mano de obra directa e indirecta, planeación y control de la producción, etc).

#### c) Costos de almacenamiento

Estos costos incluyen los costos en que se incurran en los almacenes propiamente dichos y que generalmente dependen del número de productos almacenados. Ejemplos:

- Sueldos y salarios del personal que controle los inventarios (vale la pena señalar que estos costos pueden ser fijos por período).
- Seguros, robos, obsolescencia y depreciación.
- Luz, calefacción o refrigeración
- Realización de inventarios.

La mayoría de estos costos son proporcionales al nivel de los inventa

(\*) Como ejemplo del cálculo de  $C_p$ , véase el Anexo II. 17

rios. Sin embargo, como hemos dicho anteriormente, los costos de sueldos y salarios pueden tener poca relación con el nivel de los inventarios y hasta pueden ser proporcionales al número de pedidos de materiales recibidos en el almacén. En estos casos estos costos podrían ser considerados como parte de los costos de preparación.

Los costos de almacenamiento que realmente son proporcionales al nivel del inventario, generalmente los expresamos como un porcentaje del valor del inventario. Por ejemplo, podemos decir que el costo de almacenamiento representa un 5% al año del valor medio mantenido en inventario.

#### d) Costo del capital

Este corresponde al costo del capital invertido en los inventarios. En la mayoría de los casos consideramos que el costo del capital es igual a su rentabilidad si éste fuera invertido en otras actividades. Este costo nunca deberá ser inferior a los intereses anuales ofrecidos por bancos y financieras.

Obviamente, el costo del capital también es proporcional al nivel del inventario, ya que cuanto mayor sea el inventario, mayor será el monto que estamos dejando de ganar por no haber invertido ese dinero en otro tipo de actividad. El costo del capital también se expresa como un porcentaje al año (por ejemplo, 18.52% al año) y si sumamos este porcentaje al porcentaje correspondiente al costo de almacenamiento, obtendremos un porcentaje total " $F_m$ "

que llamamos costo de mantener el inventario. El costo de mantener también puede expresarse en pesos por unidad por año ( $\$/unid. año$ ) y para obtenerlo sólo tenemos que multiplicar el porcentaje " $F_m$ " por el precio o valor de una unidad del artículo o pieza que se está considerando. Para el costo de mantener expresado en términos de  $\$/unid. año$  utilizaremos la abreviación " $C_m$ ". Como ejemplo del cálculo de  $C_m$ , véase el Anexo II.

#### e) Costo del faltante

Es el costo relativo a la falta de materias primas o productos terminados cuando éstos son solicitados por el Depto. de Producción o por los clientes, respectivamente. En lo que se refiere a la falta de materias primas, esto podrá causar el paro de una línea de producción o ensamble, o podrá obligar al Depto. de Producción a la no utilización de las secuencias más adecuadas de fabricación.

En cuanto al costo de la falta de productos terminados, éste deberá incluir los costos correspondientes a las ventas perdidas por la Empresa debido a la no existencia en el inventario del producto solicitado por el cliente.

### 3.2. INVENTARIOS DE MATERIAS PRIMAS

#### 3.2.1. Introducción

En lo que se refiere a los inventarios de materias primas, el problema básico a resolver es el siguiente:

- Cuándo comprar la materia prima
- Qué cantidad comprar.

de tal manera que la suma de los costos correspondientes a la compra de la materia prima y a los inventarios resultantes sea mínima. Si por un lado es conveniente tener grandes cantidades de materias primas para no correr el riesgo de que éstas se agoten, por otro lado esta política conduce a un aumento excesivo de los costos relativos al capital invertido en los inventarios y de los costos de almacenamiento. También se podrá pensar en un número mayor de pedidos menores para mantener siempre los almacenes con las materias primas requeridas, pero con un nivel de inventarios más reducido, ya que los pedidos serían frecuentes pero pequeños. El resultado de esta última política sería la disminución de los costos de mantener el inventario y el aumento de los costos de preparación de los pedidos.

Por lo tanto, existe un número óptimo de pedidos y consecuentemente un tamaño óptimo, que conducirá a una minimización de la suma de todos esos costos.

Podríamos representar gráficamente las dos políticas de compra analizadas como se muestra a continuación:

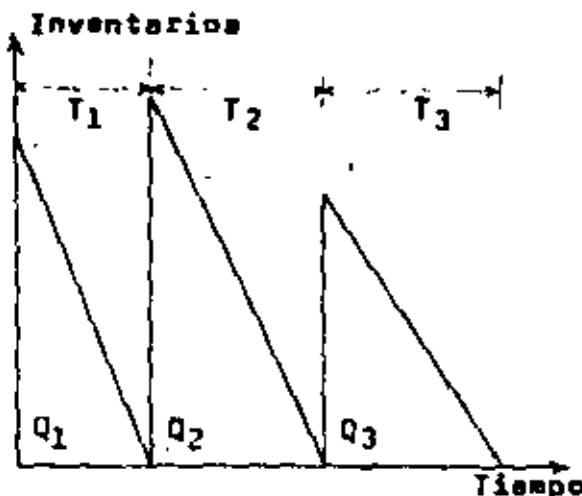


FIGURA 2

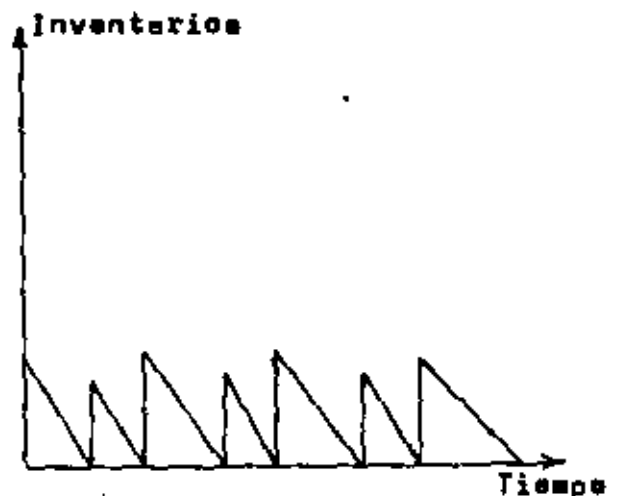


FIGURA 3

Es de señalar que las cantidades pedidas no tienen que ser iguales, es decir,  $Q_1 \neq Q_2 \neq \dots \neq Q_n$  y que los períodos de agotamiento pueden no ser iguales, es decir,  $T_1 \neq T_2 \neq \dots \neq T_n$ . Además la tasa de demanda puede ser variable.

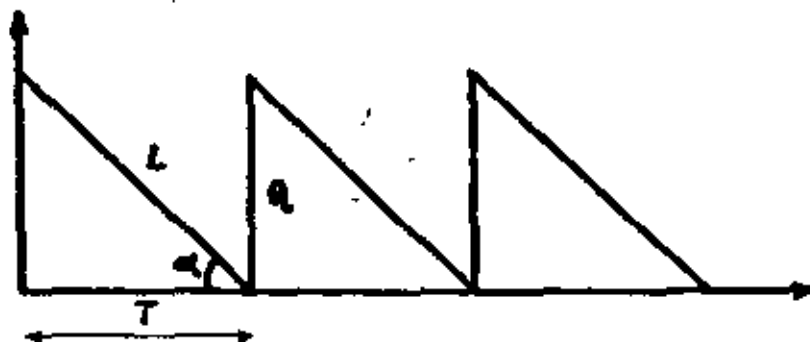
### 3.2.2. Modelo clásico

Para analizar el problema de los inventarios es conveniente empezar con algunos modelos técnicos sencillos, en los cuales podrán ser incluidos posteriormente otras variables.

El modelo más elemental requiere las siguientes suposiciones:

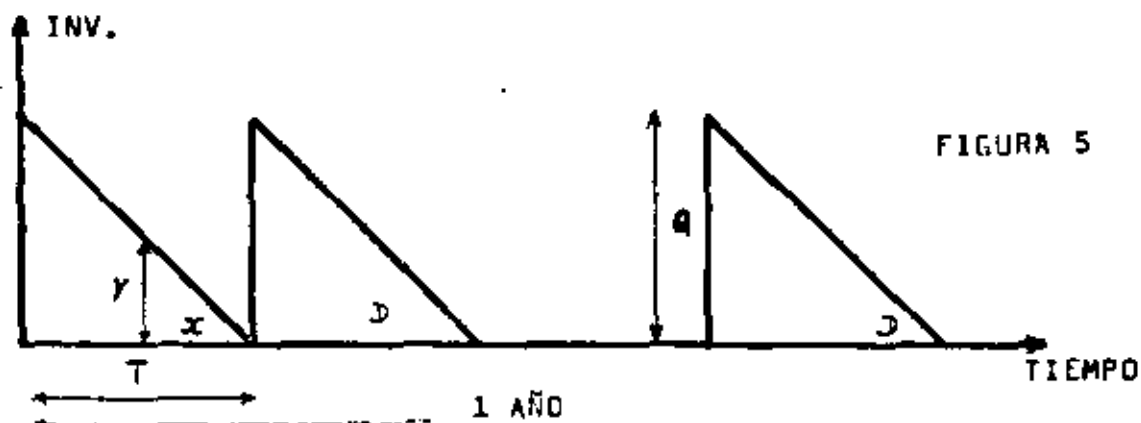
- La rapidez con que se agota la materia prima (tasa de demanda) es conocida, es decir, se conoce el grado  $\alpha$  de la línea "L" (ver figura 4).
- Los pedidos serán siempre de una misma cantidad "Q". Por lo tanto, el tiempo "T" durante el cual se agota la materia prima, será siempre el mismo (ver figura 4).
- El nuevo pedido de materias primas llegará exactamente cuando el inventario de éstas se agote (ver Figura 4). Por lo tanto, se supondrá que nunca habrá faltas de materias primas.

FIGURA 4



- El costo de preparación de los pedidos será considerado constante. En otras palabras, el costo total de un dado período será proporcional al número de pedidos realizados.
- Los costos de almacenamiento y el costo del capital invertido en los inventarios, serán proporcionales al nivel de éstos. La suma del costo de almacenamiento y del costo del capital será llamada costo de mantener.

Con base en estas suposiciones podemos ahora diseñar nuestro primer modelo para estudiar el problema de la optimización de los inventarios:



En los modelos de inventarios que estudiaremos utilizaremos siempre la siguiente notación:

- CTI Costo total incremental.  
 CTI<sub>o</sub> Costo total incremental óptimo (mínimo).  
 Q Tamaño del lote o pedido.  
 Q<sub>o</sub> Cantidad óptima del pedido o del lote.  
 D Demanda anual o tasa anual de demanda.  
 C<sub>m</sub> Costo del inventario por unidad por año (costo de mantener).  
 C<sub>p</sub> Costo de preparación por pedido.  
 Q<sub>r</sub> Punto de reorden.  
 T<sub>e</sub> Tiempo de entrega.  
 I<sub>c</sub> Inventario de protección o de contingencia.  
 I Nivel del inventario.  
 d Tasa de demanda

Considerando nuestro primer modelo, determinemos inicialmente el inventario medio durante el período "T", el cual también será el inventario medio anual:

$$y/x = Q/T \Rightarrow y = x \cdot Q/T$$

$$\frac{\int_0^T x \cdot \frac{Q}{T} \cdot dx}{T} = \frac{\left[ \frac{Q}{T} \cdot \frac{x^2}{2} \right]_0^T}{T} = \frac{\frac{Q \cdot T^2}{2T}}{T} = \frac{Q \cdot T}{2T} = \frac{Q}{2}$$

Es importante observar que el inventario medio anual no depende de la tasa de demanda, o sea, de "D" y es siempre igual a Q/2. Por ejemplo, en los casos de las figuras 6 y 7, el inventario medio anual es el mismo. Sin embargo, los costos de preparación de un período dado serían mayores en el caso de la figura 7.

Puesto que el costo de mantener es directamente proporcional al nivel de éste, su representación gráfica será como se indica en la figura 8:

FIGURA 6

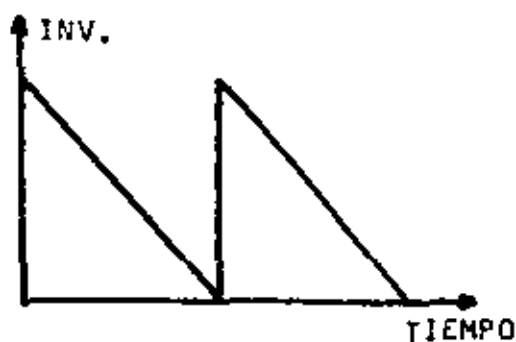


FIGURA 7

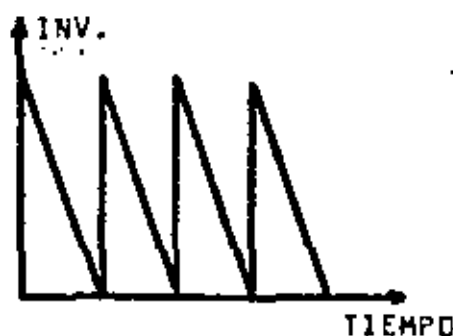


FIGURA 8





Y el costo anual de mantener será:

$$C_m \cdot \frac{D}{Q}$$

El número de pedidos por año puede ser calculado como sigue:

$$N = \frac{D}{Q}$$

Y por lo tanto, si  $C_p$  es el costo de preparación de cada pedido, el costo anual de preparación será:

$$C_p \cdot \frac{D}{Q}$$

La representación gráfica del costo anual de preparación según la cantidad del pedido "Q" es la siguiente:

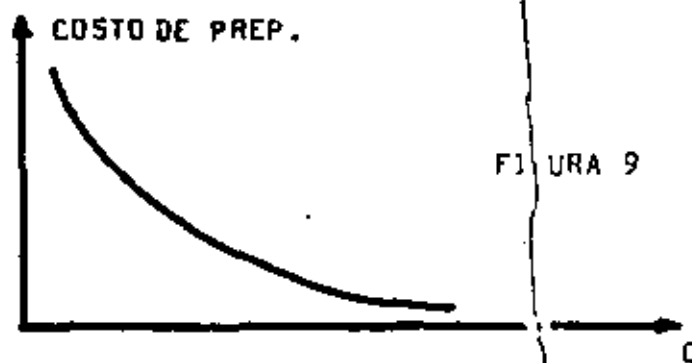


FIGURA 9

Finalmente el costo total anual incremental será:

$$CTI = \frac{C_m \cdot Q}{2} + \frac{C_p \cdot D}{Q} \dots\dots\dots (1)$$

Y la representación gráfica de la variación del costo total incremental anual según el tamaño del pedido será:

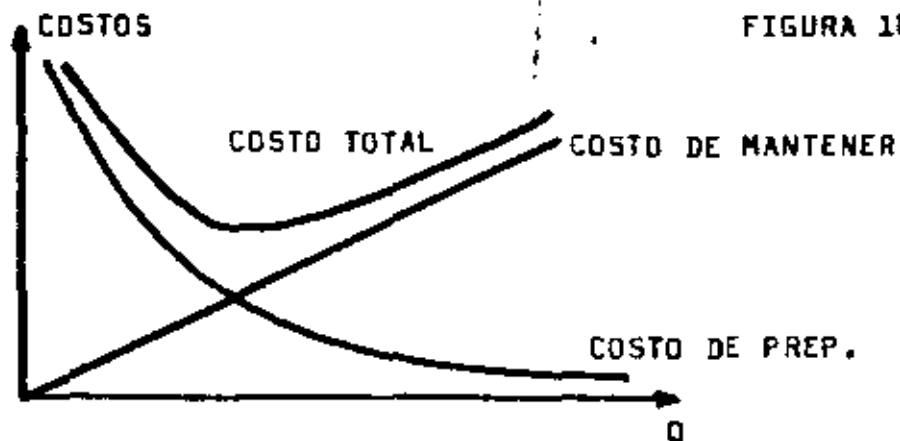


FIGURA 10

El tamaño de pedido  $Q_0$  que conduce a un costo total incremental mínimo puede entonces ser obtenido a través de una simple derivación:

$$\frac{d(CTI)}{dQ} = \frac{C_m}{2} - \frac{C_p \cdot D}{Q^2}$$

Iguando a cero tenemos:

$$\frac{C_m}{2} - \frac{C_p \cdot D}{Q_o^2} = 0$$

y por lo tanto:

$$Q_o = \sqrt{2 \cdot C_p \cdot D / C_m}$$

El costo incremental mínimo anual puede entonces ser calculado substituyendo el valor de  $Q_o$  en la ecuación (1):

$$\begin{aligned} CTI_o &= C_m \cdot \frac{Q_o}{2} + \frac{D}{Q_o} \cdot C_p \\ &= C_m \cdot 1/2 \cdot \sqrt{2 \cdot C_p \cdot D / C_m} + D \cdot C_p \cdot \sqrt{C_m / 2 \cdot C_p \cdot D} \\ &= \sqrt{\frac{C_m^2 \cdot 2 \cdot C_p \cdot D}{4 \cdot C_m}} + \sqrt{\frac{D^2 \cdot C_p^2 \cdot C_m}{2 \cdot C_p \cdot D}} \\ &= \sqrt{\frac{C_m \cdot C_p \cdot D}{2}} + \sqrt{\frac{C_m \cdot C_p \cdot D}{2}} = 2 \sqrt{\frac{C_m \cdot C_p \cdot D}{2}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \cdot C_m \cdot C_p \cdot D}{2}} = \sqrt{2 \cdot C_m \cdot C_p \cdot D} \end{aligned}$$

Por lo tanto, el costo incremental mínimo anual ( $CTI_o$ ) es:

$$CTI_o = \sqrt{2 \cdot C_m \cdot C_p \cdot D}$$

El número óptimo de pedidos será:

$$N_o = \frac{D}{Q_o}$$

Finalmente, el tiempo de agotamiento de la cantidad  $Q_o$  será:

$$T_o = \frac{Q_o}{D} = \frac{1}{N_o} \text{ años.}$$

Vamos ahora un ejemplo numérico:

$$\begin{aligned} D &= 250 \text{ unidades por año.} & C_p &= \$ 10 \text{ por pedido.} \\ C_m &= \$ 0.5 \text{ por unidad por año.} \end{aligned}$$

El tiempo óptimo del pedido será:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 10 \cdot 250}{0.5}} = \sqrt{10,000} = 100 \text{ unidades.}$$

El costo mínimo anual, el número óptimo de pedidos y el tiempo de agotamiento son, respectivamente:

$$C_{VI}_0 = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0.5 \cdot 250} = \$ 50 \text{ (por año)}$$

$$N_0 = 250 / 100 = 2.5 \text{ pedidos por año.}$$

$$T_0 = 1 / 2.5 = 0.4 \text{ años} = 146 \text{ días (tiempo entre dos pedidos consecutivos)}$$

### 3.2.3. Modelo con faltantes

En este segundo modelo vamos a suponer que el pedido de materias primas llega a la empresa " $T_2$ " unidades de tiempo después que el inventario se agote y que el costo del faltante es  $C_f$  por producto y por unidad de tiempo. En otras palabras, si hay un "inventario negativo" de " $n$ " unidades durante un período de tiempo " $T_2$ ", el costo del faltante correspondiente será:

$$C_f \cdot n \cdot T_2$$

La representación gráfica del segundo modelo es la siguiente:

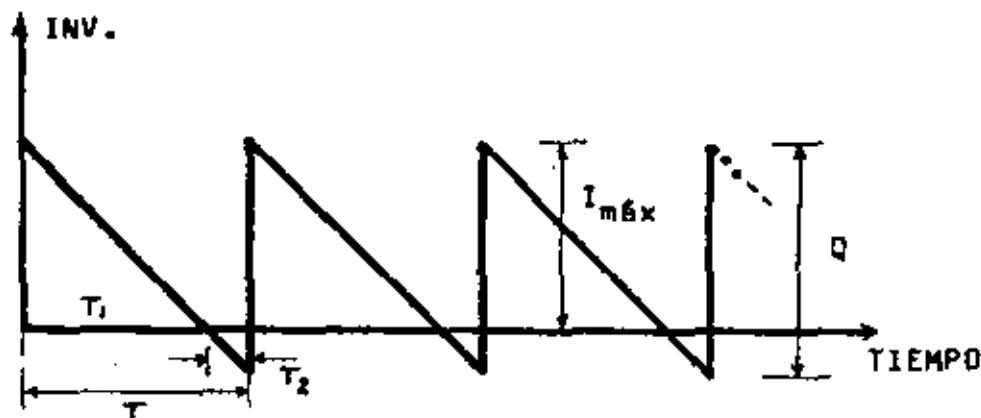


FIGURA 11

Durante el período  $T_1$  el costo de mantener será:

$$C_m \cdot I_{máx} \cdot T_1 / 2 = C_m \cdot I_{máx}^2 / 2 \cdot D$$

ya que  $T_1 = I_{máx} / D$ .

El inventario negativo medio será  $(Q - I_{máx}) / 2$  y por lo tanto el costo del faltante durante el período  $T_2$  será:

$$C_f \cdot T_2 \cdot (Q - I_{máx}) / 2 = C_f \cdot (Q - I_{máx})^2 / 2 \cdot D$$

$$\text{puesto que } T_2 = \frac{Q - I_{\text{máx}}}{D}$$

Por lo tanto, el costo correspondiente a un ciclo  $T = T_1 + T_2$  será:

$$C_p + C_m \frac{I_{\text{máx}}^2}{2D} + C_f \frac{(Q - I_{\text{máx}})^2}{2D}$$

Y finalmente el costo incremental total anual será obtenido multiplicándose el costo correspondiente al período  $T$  (un ciclo) por el número de ciclos en el año (igual a  $D/Q$ ):

$$CTI = C_p \frac{D}{Q} + C_m \frac{I_{\text{máx}}^2}{2Q} + C_f \frac{(Q - I_{\text{máx}})^2}{2Q}$$

Los valores de " $I_{\text{máx}}$ " y " $Q$ " que conducen a costos mínimos incrementales anuales pueden entonces ser obtenidos mediante el cálculo de las derivadas parciales en relación a estas dos variables. Esta derivación conducirá al siguiente sistema de ecuaciones:

$$\frac{\partial(CTI)}{\partial Q} = 0$$

$$\frac{\partial(CTI)}{\partial I_{\text{máx}}} = 0$$

de donde se sacan los siguientes valores óptimos:

$$Q_0 = \sqrt{2 \cdot C_p \cdot D / C_m} \sqrt{\frac{C_f + C_m}{C_f}}$$

$$I_{\text{máx}_0} = \sqrt{2 \cdot C_p \cdot D / C_m} \sqrt{\frac{C_f}{C_f + C_m}}$$

$$TIC_0 = \sqrt{2 \cdot C_m \cdot C_p \cdot D} \sqrt{\frac{C_f}{C_f + C_m}}$$

Vale la pena observar que si  $C_f \rightarrow \infty$  el término  $(C_f + C_m) / C_f$  tiende a 1 y por lo tanto la ecuación se queda idéntica a la del primer modelo. En otras palabras, no admitir la falta de materias primas es la misma cosa que considerar el costo del faltante igual a infinito.

Por otro lado, si el costo del faltante es cero,  $Q_0$  es infinito y  $I_{\text{máx}_0} = 0$  y esto quiere decir que los pedidos de materias deberían ser siempre realizados después de requeridos por el Depto. de Producción. Sería el caso, por ejemplo, de pedidos de materias primas que serían siempre diferentes de los anteriores y por lo tanto sería imposible mantener inventarios de éstas.

A continuación presentamos un ejemplo numérico de este segundo modelo:

$C_p = \$ 1.00$  por unidad por año.

$C_p = \$ 10.00$

$D = 200$  unidades por año.

$C_m = \$ 0.50$  por unidad por año.

$$Q_o = 100 \sqrt{\frac{2.50 + 1.00}{1.00}} = 122.5 \text{ unidades}$$

$$CTI_o = 50 \sqrt{\frac{1.00}{0.50 + 1.00}} = \$ 40.83 \text{ por año}$$

$$I_{máx_o} = 100 \sqrt{\frac{1.00}{0.50 + 1.00}} = 81.65 \text{ unidades}$$

### 3.2.4. Modelo con descuentos por cantidad

Cuando el precio de la materia prima cambia según la cantidad comprada, el método para la determinación de la cantidad óptima  $Q_o$  es un poco más laborioso pero no es complejo. Veamos un ejemplo en el cual el costo de la materia prima es  $K_1$  si la cantidad comprada es menor o igual a "B" y  $K_2$  si la cantidad comprada es mayor que "B".

En éstos casos tenemos que utilizar otra fórmula para el cálculo del costo total anual en función de la cantidad de cada pedido. Esta fórmula incluye el costo de la materia prima y es la siguiente:

$$CTI = C_p \frac{D}{Q} + K \cdot B + K \frac{Q}{2} \cdot F_m$$

donde,

$K$  = costo unitario o precio del artículo

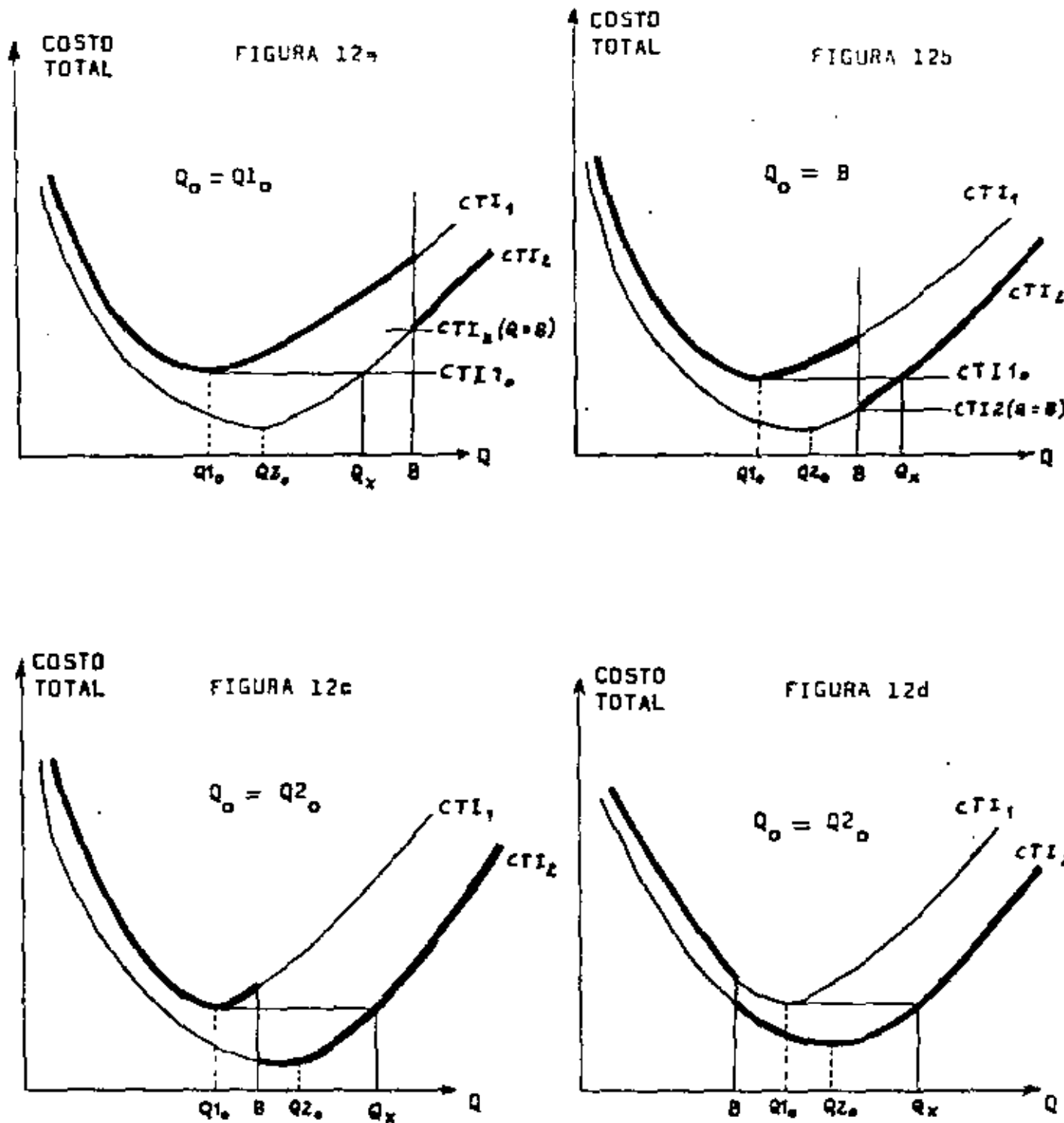
$F_m$  = costo de mantener el inventario como una fracción del valor del mismo

Siguiendo el procedimiento anterior, diferenciamos la ecuación del costo total respecto a "Q" y se iguala al resultado a cero. Se obtienen las siguientes fórmulas:

$$Q_o = \sqrt{2 \cdot C_p \cdot D / K \cdot F_m}$$

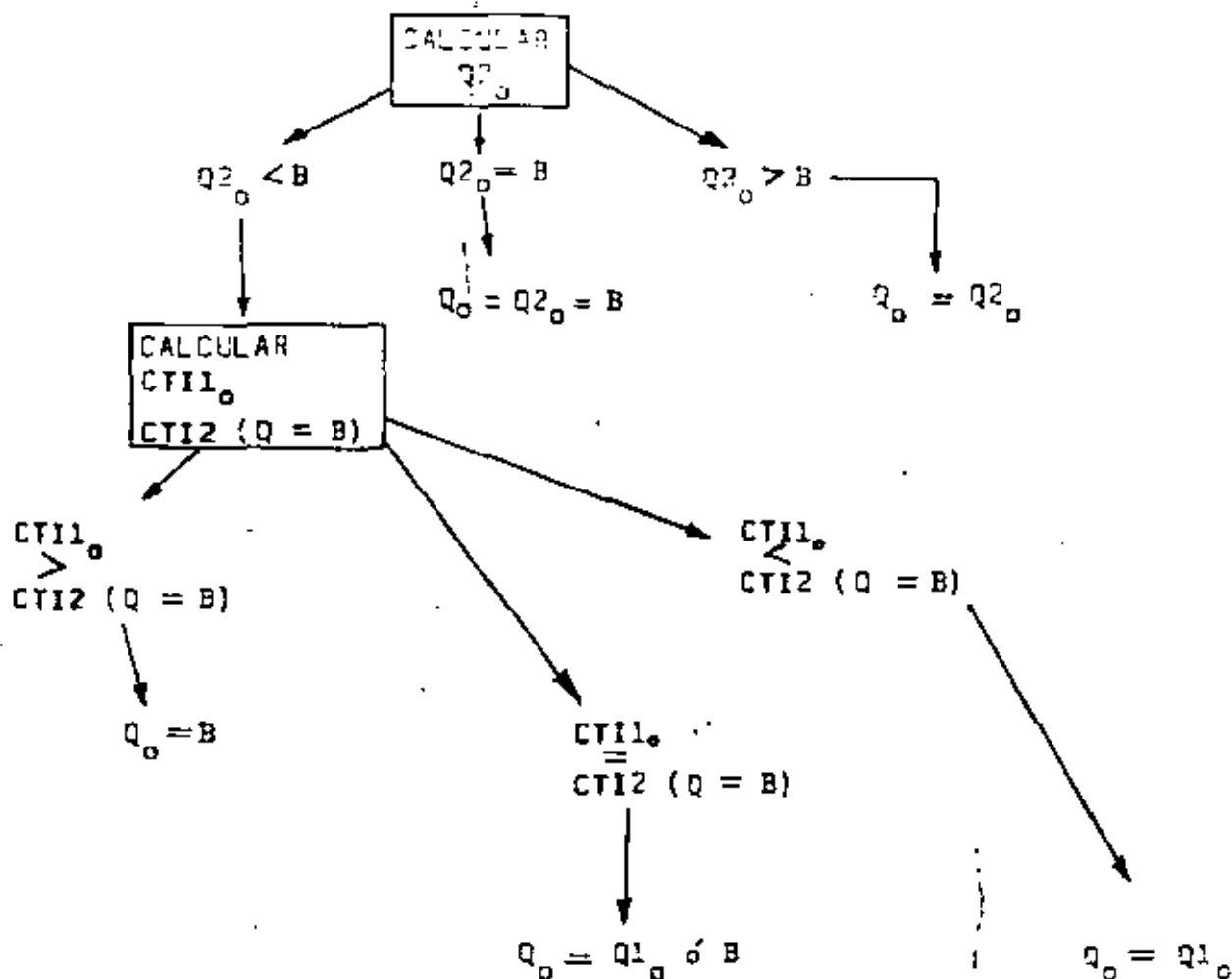
$$CTI_o = \sqrt{2 \cdot C_p \cdot K \cdot F_m \cdot D} + K \cdot D$$

Para entender mejor la solución analítica de éste tipo de problema, será conveniente, inicialmente, resolverlo gráficamente (véanse las figuras 12a, 12b, 12c y 12d).



En el caso de la figura 12b, podemos observar que la cantidad que conduce a costos anuales mínimos es  $Q_0 = B$ ; Y en el caso de la figura 12a, la cantidad óptima es  $Q = Q1_0$ ; etc.

Analíticamente, la mejor forma de resolver el problema es como sigue:



Ejemplo numérico:

$B = 250$  unidades       $D = 500$  unidades por año       $C_p = \$ 10$   
 $F_m = 20\%$        $K_1 = \$ 1.00$        $K_2 = \$ 0.90$

Siguiendo el procedimiento descrito en esta página, tenemos inicialmente que calcular  $Q2_0$ :

$$Q2_0 = 236$$

Puesto que  $Q2_0 = 236 < B$ , tenemos que calcular  $CT1_0$  y  $CT12 (Q = B)$ :

$$CT1_0 = \sqrt{2 \cdot C_p \cdot D \cdot K_1 \cdot F_m} + K_1 \cdot D$$

$$CT1_0 = \sqrt{2 \times 10 \times 0.20 \times 1 \times 500} + 1.00 \times 500$$

$$CT1_0 = \sqrt{2000} + 500 = 45 + 500 = 545$$

6.5-A

$$CTI_2 (Q = B) = C_p \frac{D}{B} + K_2 \cdot D + K_2 \left( \frac{B}{2} \right) F_m$$

$$CTI_2 (Q = B) = 10 \times 500/250 + 0.90 \times 500 + \frac{0.90 \times 250 \times 0.20}{2}$$

$$CTI_2 (Q = B) = 20 + 450 + 22.5 = 492.50$$

Puesto que  $CTI_1 > CTI_2 (Q = B)$ , podemos entonces deducir que la cantidad  $Q_0$  que conducirá a costos mínimos anuales es igual a  $B$ , es decir,

$$Q_0 = B = 250$$

El método que hemos empleado para resolver este problema con un solo cambio de precio puede ser fácilmente generalizado para "n" cambios. Analicemos las figuras que se muestran en la siguiente página:

Inicialmente observemos la figura 12e. Si hay "n" cambios de precio, habrá obviamente (n + 1) precios diferentes, de modo que la última curva tendrá que ser la  $CTI_{n+1}$ . Si  $B_n$  es menor que .....

$Q_{0,n+1}$  ésta será sin duda la cantidad óptima, ya que ningún otro punto de las (n + 1) curvas podrá estar más abajo que el punto mínimo de la curva  $CTI_{n+1}$ .

Es importante observar que si compramos una cantidad  $Q_{0,n+1}$ , el proveedor nos cobrará el precio (n + 1) y debido a esto diremos que la cantidad  $Q_{0,n+1}$  es factible. Si a la cantidad  $Q_{0,n+1}$  correspondiere cualquier precio que no fuera (n + 1), diríamos entonces que esta cantidad no sería factible.

Observemos por ejemplo la cantidad  $Q_{0,n-1}$  (figura 12e). Si compramos esta cantidad, el proveedor nos cobrará el precio "n" y por lo tanto la cantidad  $Q_{0,n-1}$  no es factible. En las cuatro gráficas a, f, g y h las cantidades factibles están señaladas con un círculo y las no factibles con una "X".

Analicemos ahora la figura 12f. Si  $B_n$  fuera mayor que  $Q_{0,n+1}$ , como se muestra en esta figura, entonces dicha cantidad no sería factible y al mismo tiempo no podríamos decir cuál sería la cantidad óptima, ya que los costos  $CTI_{B_n}$  y  $CTI_{Q_{0,n}}$  están compitiendo y consecuentemente tenemos que compararlos para determinar si la cantidad óptima es  $B_n$  o  $Q_{0,n}$ .

Por otro lado debemos observar que  $Q_{0,n}$  si es factible y por lo tanto cuando  $Q_{0,n+1}$  resulta no factible y  $Q_{0,n}$  resulte factible, tenemos que comparar los costos  $CTI_{Q_{0,n}}$  y  $CTI_{B_n}$  para poder llegar a una decisión final.



FIGURA 12e

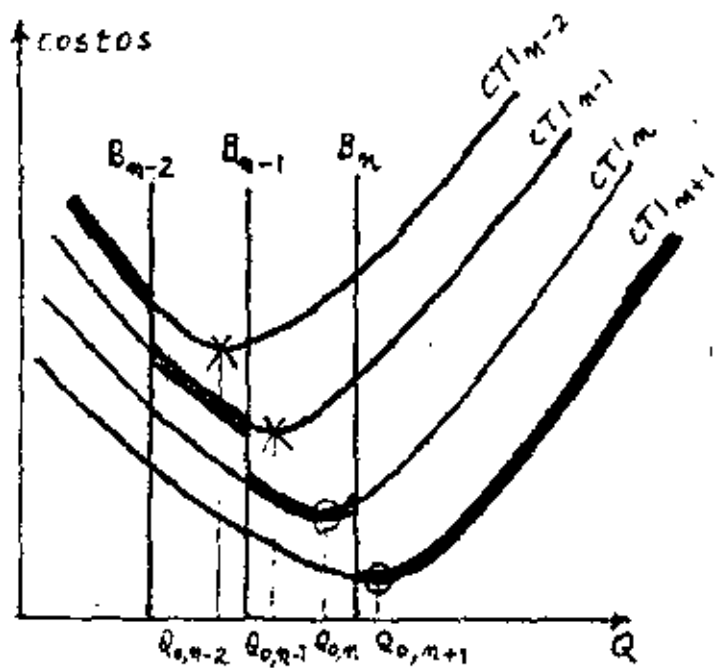


FIGURA 12f

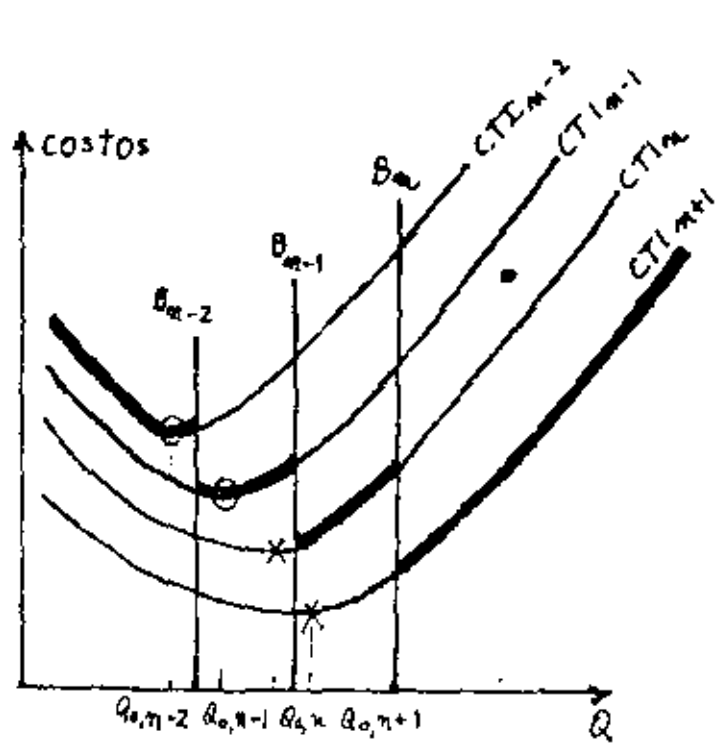
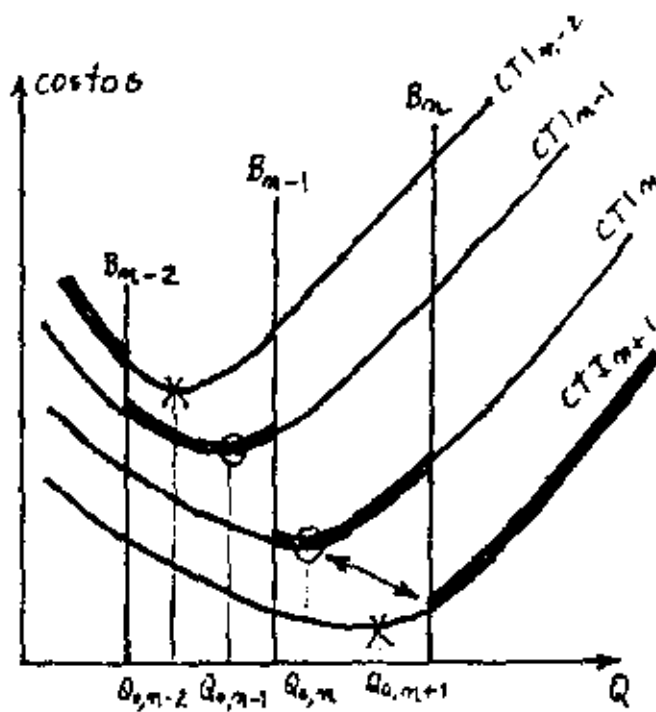


FIGURA 12g

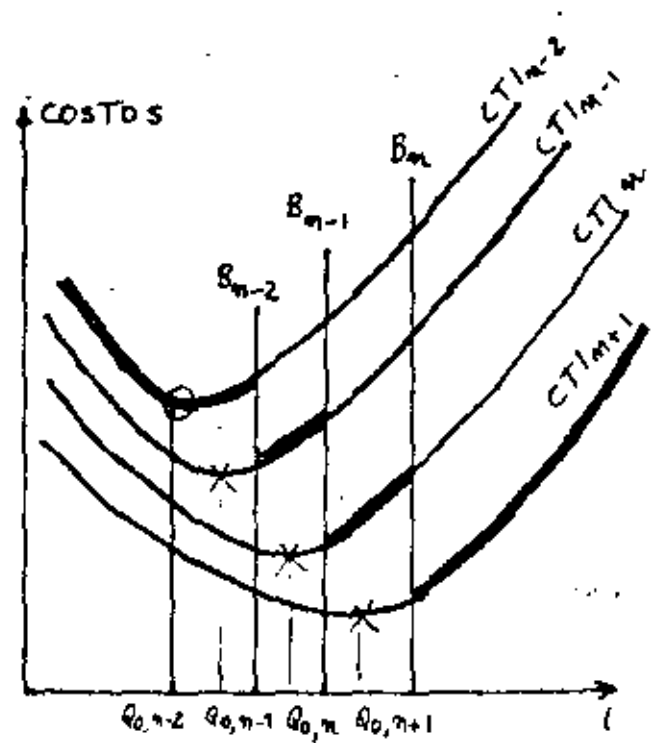


FIGURA 12h

66 - A

Observemos ahora la figura 12g.  $Q_{o,n+1}$  y  $Q_{o,n}$  no son factibles y  $Q_{o,n-1}$  sí es factible. La gráfica muestra que los costos  $CTI_{o,n-1}$ ,  $CTI_{B_{n-1}}$  y  $CTI_{B_n}$  están compitiendo y que es indispensable compararlos para poder determinar la cantidad óptima.

Finalmente, observemos la figura 12h. La única cantidad factible es  $Q_{o,n-2}$  y puede observarse también que para resolver el problema debemos comparar los costos  $CTI_{o,n-2}$ ,  $CTI_{B_{n-2}}$ ,  $CTI_{B_{n-1}}$  y ...  $CTI_{B_n}$ .

De lo expuesto anteriormente podemos entonces afirmar que un procedimiento general para resolver problemas con "n" cambios de precio, sería el siguiente:

- Calcular  $Q_{o,n+1}$  y chequear si es factible. Si es factible, éste será la cantidad óptima. Si  $Q_{o,n+1}$  no es factible, pasar al inciso b).
- Calcular  $Q_{o,n}$  y chequear si es factible. Si es factible, comparar  $CTI_{o,n}$  con  $CTI_{B_n}$ ; el menor costo indicará cuál es la cantidad óptima. Si  $Q_{o,n}$  no es factible, pasar al inciso c).
- Calcular  $Q_{o,n-1}$  y chequear si es factible. Si es factible, comparar  $CTI_{o,n-1}$ ,  $CTI_{B_{n-1}}$  y  $CTI_{B_n}$  (debe observarse que se compara  $CTI_{o,n-1}$  con los costos correspondientes a todos los  $B_i$  que están a la derecha y que el primer  $B_i$  tiene exactamente el mismo índice que  $CTI_{o,n-1}$ , es decir, el índice (n-1)). Como en el inciso b), el menor de estos tres costos indicará cuál es la cantidad óptima. Si  $Q_{o,n-1}$  no es factible, pasar al inciso d).
- Seguir calculando las demás cantidades  $Q_{o,n-2}$ ,  $Q_{o,n-3}$ , etc, hasta que se encuentre una cantidad factible  $Q_{o,i}$ . Comparar entonces  $CTI_{o,i}$  con los costos  $CTI_{B_i}$ ,  $CTI_{B_{i+1}}$ , ...  $CTI_{B_n}$ . El menor costo indicará la cantidad óptima.

### 3.3. INVENTARIOS DE PRODUCTOS TERMINADOS

#### 3.3.1. Modelo clásico

Los modelos de inventarios de productos terminados (o de piezas fabricadas en la propia Empresa) son semejantes a los modelos estudiados anteriormente. La diferencia básica es que los productos terminados son fabricados en la planta al mismo tiempo en que éstos van siendo consumidos por los clientes. Consecuentemente, existe una tasa de crecimiento del inventario que es igual a la tasa de producción menos la tasa de demanda (véanse las figuras 13 y 14).

Si analizamos la figura 14, podemos observar que el inventario crece con una tasa igual a  $(P - D)$  durante el período  $T_p$  y consecuentemente el inventario medio durante dicho período será:

$$\frac{I_{\text{máx}}}{2} = \frac{T_p (P - D)}{2}$$

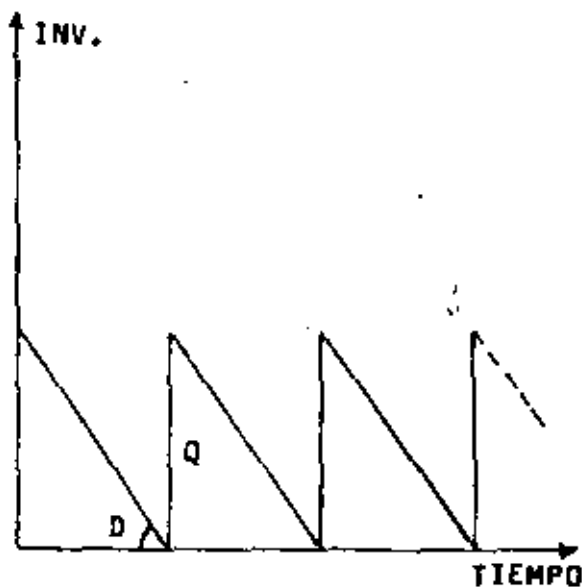


FIGURA 13: Materia prima comprada a un proveedor externo.

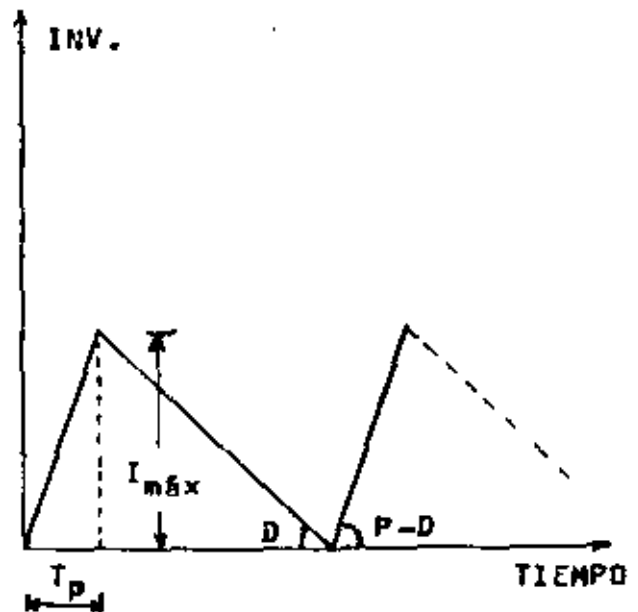


FIGURA 14: Producto terminado o piezas fabricadas en la propia Empresa  
 "P" = Producción anual  
 "D" = Demanda anual

Considerando que "Q" unidades son producidas a una tasa de producción "P" durante el período "T<sub>p</sub>", tenemos entonces:

$$Q = P \cdot T_p \quad \Rightarrow \quad T_p = Q / P$$

Substituyendo en la fórmula anterior tenemos:

$$I_{\text{med.}} = \frac{(P - D)}{2} \cdot \frac{Q}{P} = (1 - D/P) \cdot \frac{Q}{2}$$

Considerando ahora que el costo de preparación es C<sub>p</sub>, que el costo de **mantener** es C<sub>m</sub> y que la demanda anual es "D", podemos entonces escribir la fórmula para el cálculo del costo total anual:

$$CTI = C_p \cdot \frac{D}{Q} + C_m (1 - D/P) \cdot \frac{Q}{2}$$

Derivando respecto a "Q" e igualando a cero tenemos:

$$\frac{d(CTI)}{dQ} = -C_p \cdot D / Q^2 + C_m (1 - D/P) \cdot 1/2 = 0$$

$$C_m (1 - D/P) = 2 \cdot C_p \cdot D / Q_0^2 \quad | \cdot Q_0^2$$

$$Q_0^2 = 2 \cdot C_p \cdot D / C_m (1 - D/P)$$

$$Q_0 = \sqrt{2 \cdot C_p \cdot D / C_m (1 - D/P)}$$

Substituyendo este valor en la ecuación del costo total anual, tenemos:

$$CTI_0 = \sqrt{2 \cdot C_p \cdot C_m \cdot D (1 - D/P)}$$

El número óptimo de lotes será:

$$N_0 = D / Q_0$$

y el período de tiempo entre la fabricación de dos lotes consecutivos será:

$$T_0 = Q_0 / D = 1 / N_0 \text{ años.}$$

Ejemplo numérico:

P = 10,000 unidades por año.

D = 5,000 unidades por año.

C<sub>p</sub> = \$ 10 .

C<sub>m</sub> = 0.20 pesos/unidad/año.

$$Q_o = \sqrt{\frac{2 \times 10 \times 5000}{0.2 \times (1 - 5000/10000)}} = \sqrt{100000} = 1,000$$

$$Q_o = 1,000 \text{ unidades}$$

El costo mínimo anual será:

$$CTI_o = \sqrt{2 \times 10 \times 0.2 \times 5000 (1 - 5000/10000)}$$

$$CTI_o = \sqrt{10000}$$

$$CTI_o = \$ 100 \text{ (por año).}$$

El número de lotes por año será:

$$N_o = D / Q_o = 5000 / 1000 = 5 \text{ lotes al año.}$$

Finalmente, el período de tiempo entre dos lotes consecutivos será:

$$T_o = Q_o / D = 1 / N_o = 1000 / 5000 = 1/5 \text{ años} = 2.4 \text{ meses.}$$

### 3.3.2. Determinación de los lotes óptimos cuando se fabrican diferentes productos en un solo equipo.

Cuando una empresa utiliza el mismo equipo para la fabricación de los lotes de varios productos diferentes, no siempre es posible calcular los lotes óptimos usándose la ecuación

$$Q_o = \sqrt{2 \cdot C_p \cdot D / C_m(1 - D/P)}$$

Esto se debe al hecho que obtendríamos lotes óptimos  $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_n$ , sin embargo no sería posible su fabricación puesto que antes que terminara la fabricación de todos los lotes, es decir, antes que se completara un ciclo, los inventarios de algunos artículos ya estarían agotados. En este caso será necesario fabricar lotes diferentes de los lotes "óptimos" proporcionados por la fórmula  $Q_o = \sqrt{2D \cdot C_p / C_m(1 - D/P)}$  para que entonces sea posible terminar el ciclo de fabricación de los lotes antes que se agote cualquiera de los inventarios de los diferentes artículos.

A continuación, deducimos una fórmula que proporcione el número óptimo de ciclos por año y con base en este valor los lotes óptimos de cada artículo podrán ser determinados mediante la fórmula

$$(Q_i)_o = D_i / n_o$$

Donde,

$(Q_i)_o$  = lote óptimo para el artículo "i".

$D_i$  = demanda anual del producto "i".

$n_o$  = número óptimo de ciclos por año.

Supongamos ahora que "n" es el número de ciclos por año y que a cada uno de los "m" productos corresponden los siguientes datos:

$D_i$  = demanda anual

$P_i$  = producción anual (normal)

$(C_m)_i$  = costo de mantener

$(C_p)_i$  = costo de preparación

El nivel del inventario de cada producto variará como se indica en la figura 15:

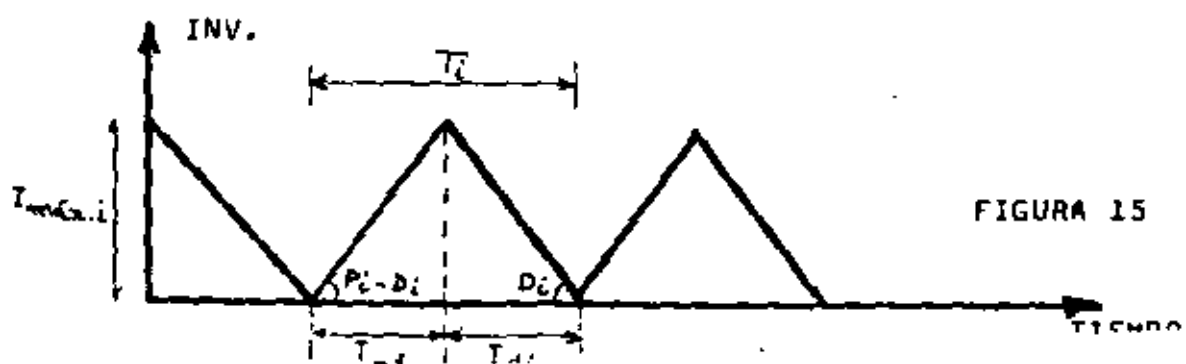


FIGURA 15

y durante el tiempo  $T_{d_i}$  los lotes de los  $m$  productos serán fabricados. El inventario medio por el producto "i" durante un ciclo de producción será en la fórmula:

$$(I_{med})_i = (1 - D_i / P_i) \cdot Q_i / 2$$

Puesto que  $Q_i = D_i / n$ , tenemos:

$$(I_{med})_i = (1 - D_i / P_i) \cdot D_i / 2n$$

Consecuentemente, el costo anual de mantener será:

$$(1 - D_i / P_i) \cdot D_i / 2n \cdot (C_m)_i$$

Y el costo anual de mantener para todos los productos será:

$$\sum_{i=1}^m (1 - D_i / P_i) \cdot D_i / 2n \cdot (C_m)_i$$

Como hay "n" ciclos por año (para todos los productos), el costo anual de preparación será:

$$n \cdot \sum_{i=1}^m (C_p)_i$$

Finalmente, el costo total anual será:

$$CTI = n \cdot \sum (C_p)_i + 1/2n \cdot \sum (C_m)_i \cdot D_i \cdot (1 - D_i / P_i)$$

Derivando respecto a "n" e igualando a cero tenemos:

$$\frac{d(CTI)}{dn} = \sum (C_p)_i - \frac{\sum (C_m)_i \cdot D_i (1 - D_i / P_i)}{2n^2} = 0$$

$$\sum (C_p)_i = \frac{\sum (C_m)_i \cdot D_i (1 - D_i / P_i)}{2n^2}$$

Y por lo tanto:

$$n_0 = \sqrt{\frac{\sum (C_m)_i \cdot D_i (1 - D_i / P_i)}{2 \cdot \sum (C_p)_i}}$$

El costo total anual será:

$$(CTI)_0 = \sqrt{2 \cdot \sum (C_p)_i \cdot \sum (C_m)_i \cdot D_i (1 - D_i / P_i)}$$

Como hemos podido observar, este método parte del supuesto de que si es posible realizar un número "n" de ciclos de fabricación al año y que para cada uno de los "m" productos ocurrirá lo que se muestra en la Figura 15, donde:

$I_{\text{máx}i}$  = inventario máximo.

$T_{pi}$  = período de tiempo durante el cual hay producción y consumo del producto (se fabrica la cantidad  $Q_{oi} = D_i/n$ ).

$T_{di}$  = Período de tiempo durante el cual solo hay consumo (durante este tiempo se fabrican los demás productos).

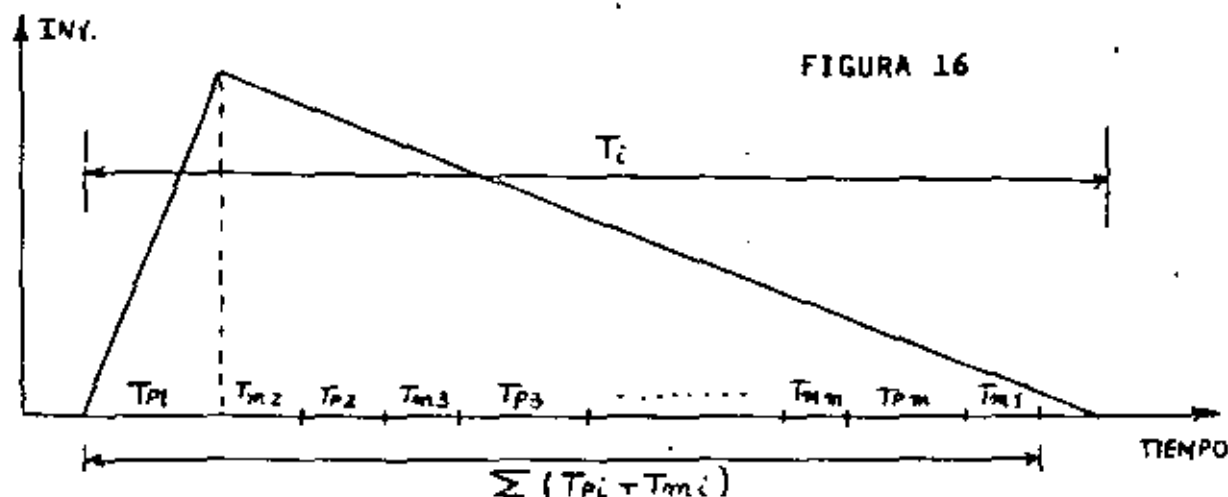
$T_i$  = Tiempo total para que se agote la cantidad  $Q_{oi}$ .

Sin embargo, como se verá, este método ni siempre es aplicable. Si suponemos que el tiempo de preparación de las máquinas para el producto "i" es  $T_{mi}$ , el ciclo de fabricación, es decir, el período total de tiempo entre dos corridas de producción del producto "i", será:

$$\text{CICLO DE FABRICACION} = \sum (T_{pi} + T_{mi})$$

Si ahora observemos la Figura 16, podemos fácilmente deducir que para cualquier producto "i", el período de tiempo  $T_i$  tiene que ser mayor o igual a  $\sum (T_{pi} + T_{mi})$ , es decir:

$$\sum (T_{pi} + T_{mi}) \leq T_i$$



Si utilizamos la fórmula  $Q_{oi} = D_i/n$  para calcular las corridas de cada producto, los períodos " $T_i$ " de todos los productos serán idénticos e iguales a :

$$T_i = \frac{Q_{oi}}{D_i} = 1/n \text{ años.}$$

Por lo tanto, la realización de "n" ciclos al año solamente será posible cuando:



$$\sum (T_{pi} + T_{mi}) \leq 1/n$$

Si suponemos que los " $T_{mi}$ " son muy pequeños en relación a los " $T_{pi}$ " podemos entonces escribir:

$$\sum T_{pi} < 1/n$$

Como  $T_{pi} = Q_{oi}/P_i = D_i/n \times 1/P_i$ , tenemos:

$$\sum \frac{D_i}{n} \times \frac{1}{P_i} < \frac{1}{n}$$

$$\frac{1}{n} \sum \frac{D_i}{P_i} < \frac{1}{n}$$

$$\sum \frac{D_i}{P_i} < 1$$

Esta última ecuación muestra claramente que la posibilidad o imposibilidad de la aplicación de este método NO DEPENDE del valor de " $n$ ". En otras palabras, si  $\sum D_i/P_i < 1$ , la fabricación de los productos será posible para CUALQUIER VALOR de " $n$ ". Sin embargo, sólo un valor de " $n$ " conduce a costos mínimos y éste será dado por la fórmula

$$n_o = \sqrt{\frac{\sum C_{mi} \times D_i \times (1 - D_i/P_i)}{2 \sum C_{pi}}}$$

Por otro lado, si  $\sum D_i/P_i > 1$ , el problema será imposible para cualquier valor de " $n$ ".

La condición de factibilidad  $\sum D_i/P_i < 1$  es relativamente obvia, ya que para cada producto el cociente  $D_i/P_i$  representa el tiempo total en años para que se pueda fabricar la demanda anual  $D_i$ . Si la suma de todos estos  $D_i/P_i$  es mayor que uno, esto indica que para la fabricación de las demandas anuales de todos los productos se necesitaría más de un año. En otras palabras, si  $\sum D_i/P_i > 1$ , la capacidad anual de producción del equipo sería insuficiente para la fabricación de todas las  $D_i$ . Por lo tanto, cuando  $\sum D_i/P_i$  es mayor que 1, la fabricación de los " $m$ " productos será siempre imposible, no importando el método que se utilice.

De este análisis podemos deducir que cuando queremos determinar los lotes óptimos factibles de productos múltiples, el procedimiento más adecuado sería el siguiente:

- a) Calcular  $\sum D_i/P_i$ . Si este valor es mayor que uno, la fabricación de los "m" productos será imposible. Si  $\sum D_i/P_i$  es menor que uno, realizar el siguiente paso.
- b) Calcular las cantidades  $Q_{oi}$  utilizando el método clásico.
- c) Checar la factibilidad de las cantidades  $Q_{oi}$  obtenidas en b), lo que se ejemplifica en el ejemplo numérico que se presenta a continuación. Si las cantidades  $Q_{oi}$  no son factibles, realizar el siguiente paso.
- d) Calcular el número óptimo de ciclos mediante la fórmula

$$n_o = \sqrt{\frac{\sum D_i \times C_{mi} \times (1 - D_i/P_i)}{2 \sum C_{pi}}}$$

- e) Calcular las nuevas cantidades  $Q'_{oi}$  mediante la fórmula .....  
 $Q'_{oi} = D_i/n_o$ . Estas cantidades serán siempre factibles si .....  
 $\sum D_i/P_i < 1$ .

#### EJEMPLO NUMERICO

PRODUCTO	$D_i$	$P_i$	$C_{mi}$	$C_{oi}$
1	4,000	25,000	\$ 10	\$ 200
2	1,500	5,000	\$ 20	\$ 100
3	500	1,000	\$ 15	\$ 300

- a) Cálculo de  $\sum D_i/P_i$  :

$$\sum D_i/P_i = 4,000/25,000 + 1,500/5,000 + 500/1,000 = 0.96$$

Por lo tanto, pasamos al inciso b).

- b) Cálculo de las  $Q_{oi}$  utilizando el método clásico:

$$Q_{o1} = \sqrt{\frac{2 \times 4000 \times 200}{10(1-4000/25000)}} = 436$$

$$Q_{o2} = \sqrt{\frac{2 \times 1500 \times 100}{20(1-1500/5000)}} = 146$$

$$Q_{o3} = \sqrt{\frac{2 \times 500 \times 300}{15(1-500/1000)}} = 200$$

c) Checar la factibilidad de las  $Q_{oi}$ :

Estas cantidades  $Q_{oi}$  se agotarán en los siguientes tiempos:

$$T_{a1} = Q_{o1}/D_1 = 436/4000 = 0.109 \text{ años}$$

$$T_{a2} = Q_{o2}/D_2 = 146/1500 = 0.097 \text{ años}$$

$$T_{a3} = Q_{o3}/D_3 = 200/500 = 0.400 \text{ años}$$

Los tiempos de fabricación de las cantidades  $Q_{oi}$  serán:

$$T_{p1} = Q_{o1}/P_1 = 436/25000 = 0.017 \text{ años}$$

$$T_{p2} = Q_{o2}/P_2 = 146/5000 = 0.029 \text{ años}$$

$$T_{p3} = Q_{o3}/P_3 = 200/1000 = 0.200 \text{ años}$$

El ciclo total de fabricación será entonces:

$$C.F. = \sum T_{pi} = 0.017 + 0.029 + 0.200 = 0.246 \text{ años}$$

Se puede observar que  $C.F. = 0.246$  es mayor que  $T_{a1}$  y  $T_{a2}$ , por lo que estas cantidades  $Q_{oi}$  no son factibles.

d) Cálculo del número óptimo de ciclos:

$$n_o = \sqrt{\frac{\sum D_i \times C_{mi} \times (1 - D_i/P_i)}{2 \sum C_{pi}}} = \sqrt{\frac{58,350}{2 \times 600}} = 6.97 \quad 7.0 \text{ ciclos}$$

e) Cálculo de las nuevas cantidades  $Q'_{oi}$ :

$$Q'_{o1} = D_1/n_o = 4000/7 = 571$$

$$Q'_{o2} = D_2/n_o = 1500/7 = 214$$

$$Q'_{o3} = D_3/n_o = 500/7 = 71$$

#### IV. SISTEMAS DE ADMINISTRACION DE INVENTARIOS

##### 4.1. Introducción

En los modelos formulados anteriormente para la optimización de los inventarios, hemos supuesto que:

- a) Los pedidos de materias primas o los lotes de productos terminados siempre llegan al almacén exactamente cuando el inventario de éstos se agotan.
- b) La tasa de demanda es constante y se puede predecirle.
- c) Se pide o se fabrica siempre la misma cantidad "q".

En la vida real, sin embargo, estas suposiciones casi nunca son verdaderas. Por ejemplo, los proveedores no siempre cumplen los plazos de entrega de las materias primas y esto obviamente podrá causar el agotamiento del inventario de éstas antes de la llegada de los pedidos. Análogamente, si la tasa de ventas de los productos terminados es mayor que la tasa prevista, el inventario de éstos se agotará antes que los primeros productos de los lotes fabricados lleguen al almacén.

Debido a estos hechos, es siempre necesario mantener inventarios de contingencia (o de seguridad) para reducir la posibilidad de una eventual falta de materias primas o productos terminados. El nivel del inventario de contingencia dependerá básicamente del cumplimiento de los plazos de entrega por parte de los proveedores (materias primas) y del Departamento de Producción (productos terminados), de la magnitud de las variaciones de la demanda y del riesgo de agotamiento que quiera correr la Empresa.

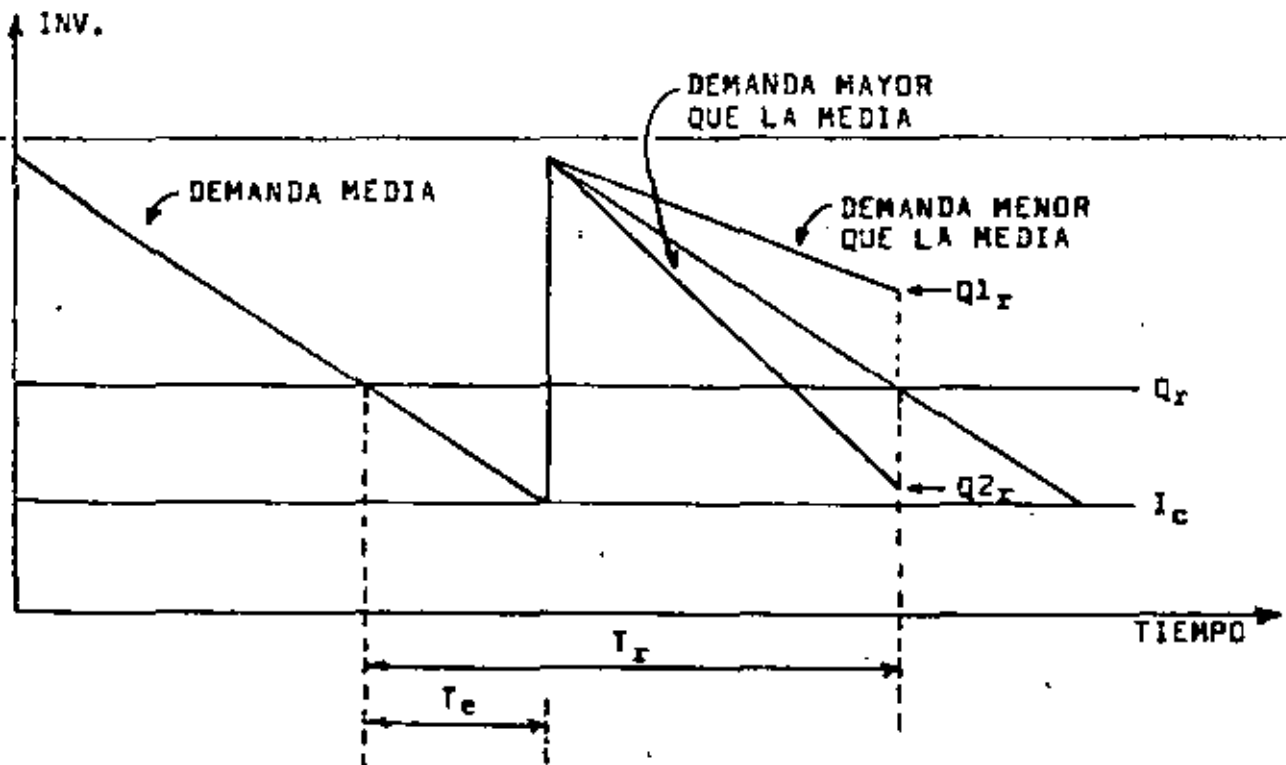
Obviamente, como mayor sea el inventario de contingencia, menor será el riesgo de agotamiento de las existencias y consecuentemente menores serán los costos relativos a la falta de dichas existencias. Al mismo tiempo, como mayor sea el inventario de contingencia, mayor será el costo de mantener anual. Por lo tanto, el problema que tenemos que resolver es la determinación del nivel óptimo de los inventarios de contingencia, de tal forma que se minimice la suma de los costos de mantener y de los costos relativos a la falta de existencias.

A continuación analizaremos 2 modelos de administración de inventarios de materias primas y cómo debe determinarse el inventario de contingencia en cada uno de ellos. No creemos que sea necesario analizar también el caso de los inventarios de productos terminados, ya que lo que será expuesto para los inventarios de materias primas, es igualmente aplicable a los inventarios de productos terminados.

Analicemos inicialmente la Figura 17 y supongamos que el tiempo de entrega  $T_0$  es constante. Si la tasa de demanda también es constante, realizamos un nuevo pedido siempre  $T_0$  unidades de tiempo después de la realización del pedido anterior, que es lo mismo que realizar el pedido  $T_0$  unidades de tiempo antes que el inventario

se agote ( $T_e$  y  $T_r$  son fijos). En este momento el nivel del inventario será siempre  $Q_r$ , al cual llamaremos punto de reorden.

FIGURA 17



Ahora bien, si la tasa de demanda empieza a variar, al terminarse el período  $T_r$  el nivel del inventario podrá ser mayor o menor que  $Q_r$ , es decir, podrá ser igual a  $Q1_r$  ó  $Q2_r$ , respectivamente (véase la Figura 17). Análogamente, el nivel de los inventarios podrá llegar al valor  $Q_r$  antes o después de las  $T_r$  unidades de tiempo. Debido a esto, la Empresa podrá adoptar dos tipos de sistemas de inventarios:

- Si se hace un pedido igual a  $Q_o$  siempre que el inventario llegue al nivel  $Q_r$ , independientemente del tiempo necesario para que esto ocurra, el sistema de inventarios es llamado SISTEMA DE PUNTO FIJO DE REORDEN.
- Si se hace un pedido  $Q_x$  (variable), cada  $T_r$  unidades de tiempo, de modo que el inventario en la mano y sobre pedido resulte igual a un determinado nivel  $I_o$  (inventario objetivo), el sistema adoptado es llamado SISTEMA DE CICLO FIJO DE REORDEN. A continuación definiremos que es "inventario en la mano y sobre pedido" y cómo podemos determinar el nivel  $I_o$ .

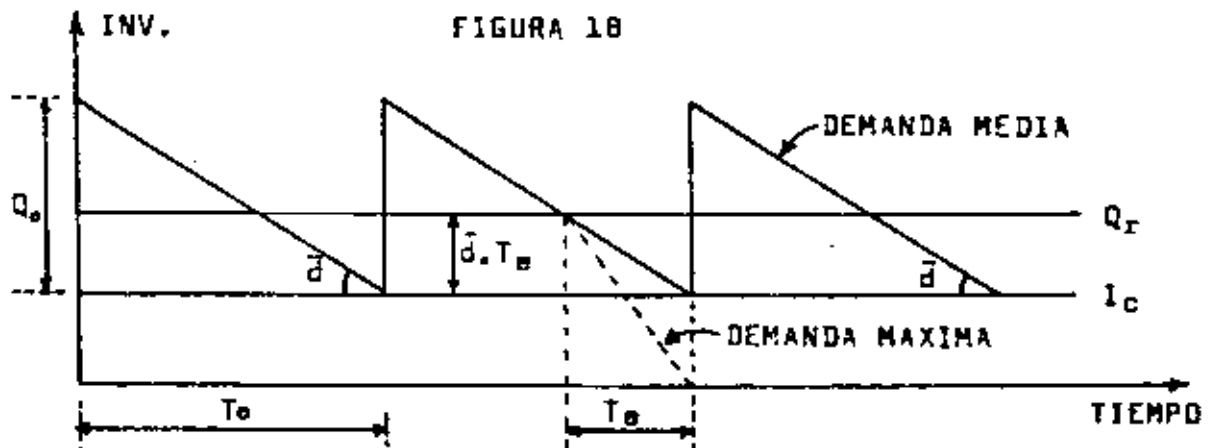
#### 4.2. Sistema de Punto Fijo de Reorden

La Figura 18 muestra un modelo de punto fijo el cual incluye el inventario de contingencia. Como hemos dicho anteriormente, la persona encargada de la realización de los pedidos se fija únicamente en el nivel del inventario, y cuando éste llega a  $Q_r$  se realiza un nuevo pedido. Si el tiempo de entrega es constante, el punto de reorden puede ser calculado fácilmente mediante la fórmula:

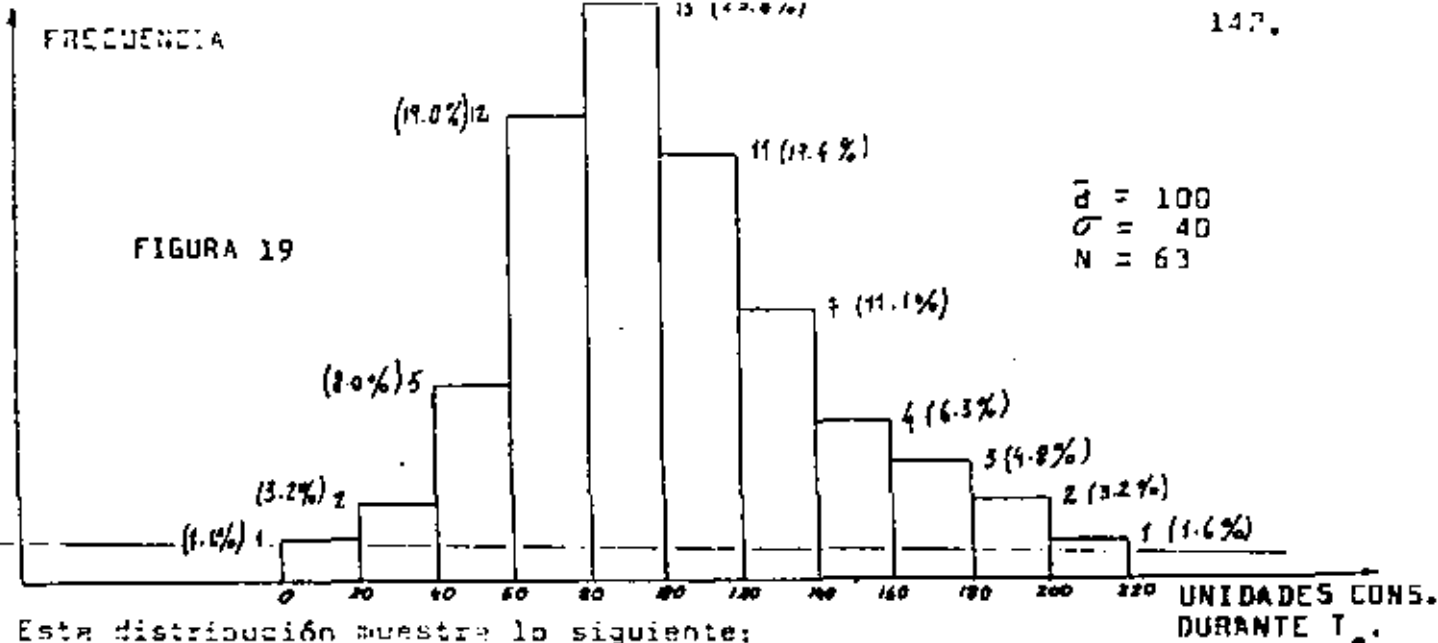
$$Q_r = \bar{d} \cdot T_e + I_c$$

También puede observarse que el inventario de contingencia es simplemente la diferencia entre el número de unidades consumidas a un nivel máximo de demanda " $d_{\text{máx}}$ " y a un nivel medio de demanda " $\bar{d}$ ", durante el tiempo de entrega  $T_e$ . Si  $T_e$  es constante el inventario de contingencia se determinará así:

$I_c = (d_{\text{máx}} - \bar{d}) T_e$ , es decir,  $(d_{\text{máx}} - \bar{d})$  durante el tiempo  $T_e$ .



Como ejemplo, supongamos que la variación de la demanda presenta la distribución que se muestra en la Figura 19:



Esta distribución muestra lo siguiente:

DEMANDA	PROBABILIDAD DE QUE LA DEMANDA REAL SEA MAYOR QUE ESTE VALOR
220	0.0%
200	1.6%
180	4.8%
160	9.6%
140	15.9%

Por lo tanto, si la empresa desea correr un riesgo máximo de 9.6% de que se agoten las existencias, la demanda máxima a considerar ( $d_{m\acute{a}x}$ ) será igual a 160 unidades durante  $T_0$ , y el inventario de contingencia será:

$$I_c = (d_{m\acute{a}x} - \bar{d}) T_0 = 160 - 100 = 60.$$

Para los demás niveles de la demanda máxima, tenemos:

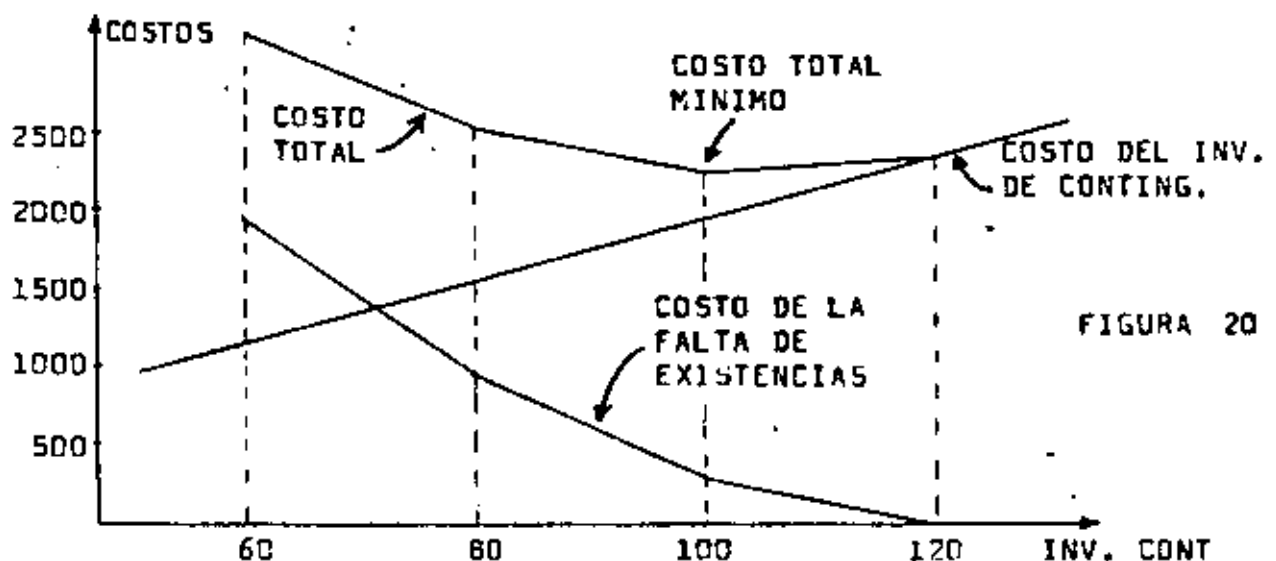
DEMANDA ( $d_{m\acute{a}x}$ )	PROBAB. DE AGOTAMIENTO	INVENT. DE CONTINGENCIA	VALOR DEL INV. DE CONTINGENCIA	COSTO DEL I. CONT. AL 20% ANUAL
220	0.0%	120	12,000	2,400
200	1.6%	100	10,000	2,000
180	4.8%	80	8,000	1,600
160	9.6%	60	6,000	1,200

NOTA: Hemos supuesto que el producto cuesta \$ 100.00

Supongamos ahora que la empresa ha determinado los costos correspondientes a la falta de existencias según el nivel de su inventario de contingencia. Los costos totales para cada inventario de contingencia serían entonces:

INVENTARIO DE CONTINGENCIA	COSTO DEL INV. CONT.	COSTO DE LA FALTA DE EXISTENCIAS	COSTO TOTAL
120	2,400	--	2,400
100	2,000	300	2,300
80	1,600	1,000	2,600
60	1,200	2,000	3,200

Y la gráfica representativa de estos costos sería la siguiente:



Podemos observar en el cuadro y en la gráfica, que el costo total mínimo corresponde a un inventario de contingencia igual a 100 unidades. El costo total para este inventario de contingencia es \$ 2.300,00.

#### 4.3. Sistema de Ciclo Fijo de Reorden

La figura 21 muestra un sistema de ciclo fijo de reorden y cómo se determina la línea representativa del inventario en la mano y sobre pedido, el cual es simplemente la suma de las existencias de la Empresa más la cantidad ya pedida al proveedor (pedido pendiente). El valor máximo de esta línea llamaremos inventario objetivo (I). Obsérvese que para no complicar la gráfica de la figura 21, hemos considerado una tasa de demanda constante, sin embargo éste podrá obviamente ser variable.

En la figura 21 podemos observar lo siguiente:

- El inventario en la mano (existencias) está representado por la línea continua. El inventario en la mano y sobre pedido está representado por la línea discontinua.



b) El inventario de contingencia se determina como sigue:

$$I_c = (d_{\max} - \bar{d})T_e + T_r$$

c) El nivel máximo del inventario en la mano y sobre pedido (inventario objetivo) será:

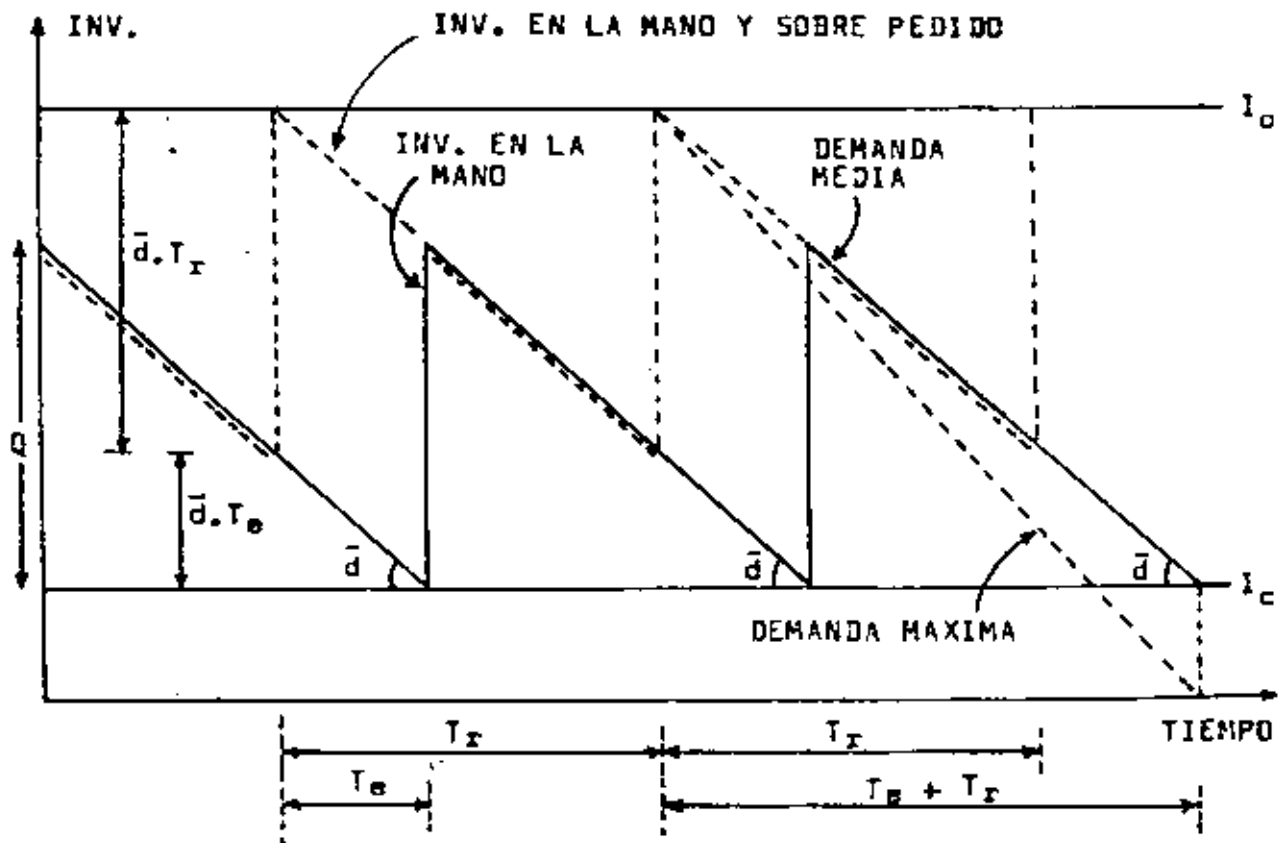
$$I_o = I_c + \bar{d} \cdot T_e + \bar{d} \cdot T_r = I_c + \bar{d}(T_e + T_r)$$

d) Cuando llega la cantidad pedida, la línea del inventario en la mano y la línea del inventario en la mano y sobre pedido resultan idénticas.

e) Puesto que en este ejemplo  $T_e$  es constante y menor que  $T_r$ , nunca hay más de un pedido pendiente.

f) El tiempo entre la realización de dos pedidos consecutivos es igual al tiempo entre la llegada de dos pedidos consecutivos únicamente cuando  $T_e$  es constante. El período entre la realización de dos pedidos consecutivos es llamado período de revisión ( $T_r$ ).

FIGURA 21



Hecho este análisis podemos entonces resumir el procedimiento para la utilización de los sistemas de punto fijo y ciclo fijo:

Sistema de Punto fijo:

- Determinar la cantidad óptima  $Q_o$ .
- Determinar el inventario de contingencia:  $I_c = (d_{máx} - \bar{d})T_e$
- Determinar el punto de pedidos:  $Q_r = \bar{d}T_e + I_c$ .
- Pedir la cantidad  $Q_o$  siempre que el nivel del inventario llegue a  $Q_r$ .

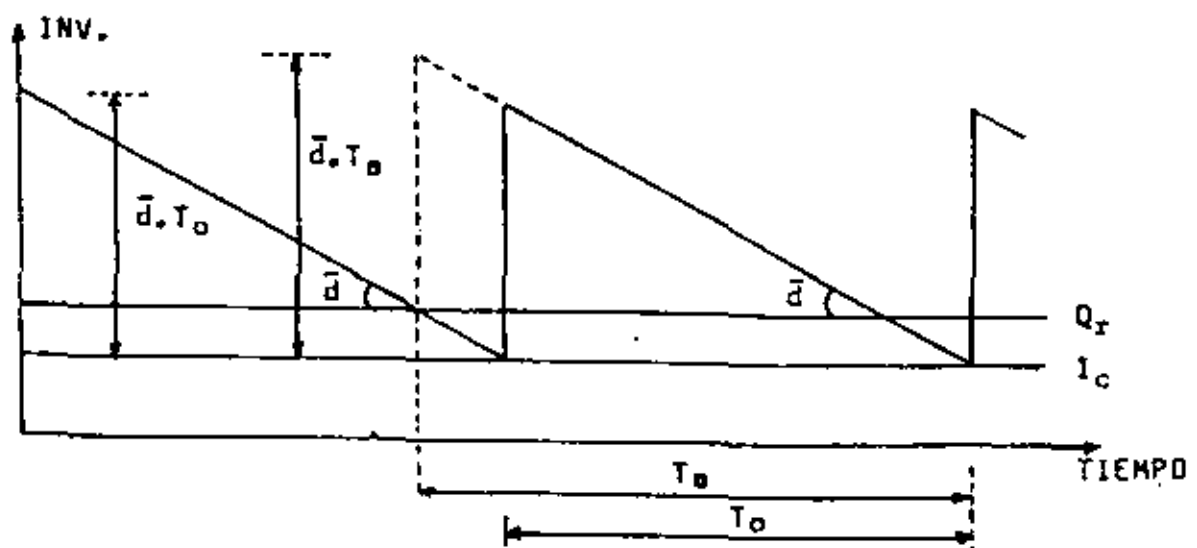
Sistema de Ciclo Fijo:

- Determinar el periodo de revisión. Si queremos que el pedido medio anual sea aproximadamente igual a  $Q_o$ , el periodo de revisión tendrá que ser igual a  $T_D$ .
- Determinar el inventario de contingencia:  $I_c = (d_{máx} - \bar{d})T_e + T_r$ .
- Determinar el inventario objetivo:  $I_o = I_c + \bar{d}(T_r + T_e)$ .
- Checar las existencias cada  $T_r$  unidades de tiempo. Si suponemos que  $I_e$  son las existencias y  $P_p$  los pedidos pendientes, debemos entonces pedir una cantidad  $Q = I_o - I_e - P_p$  (\*).

Cuando el tiempo de entrega  $T_e$  es mayor que el periodo de revisión  $T_r$ , el procedimiento para ambos sistemas sería idéntico, sin embargo el valor de  $Q_r$  será (véase la figura 22):

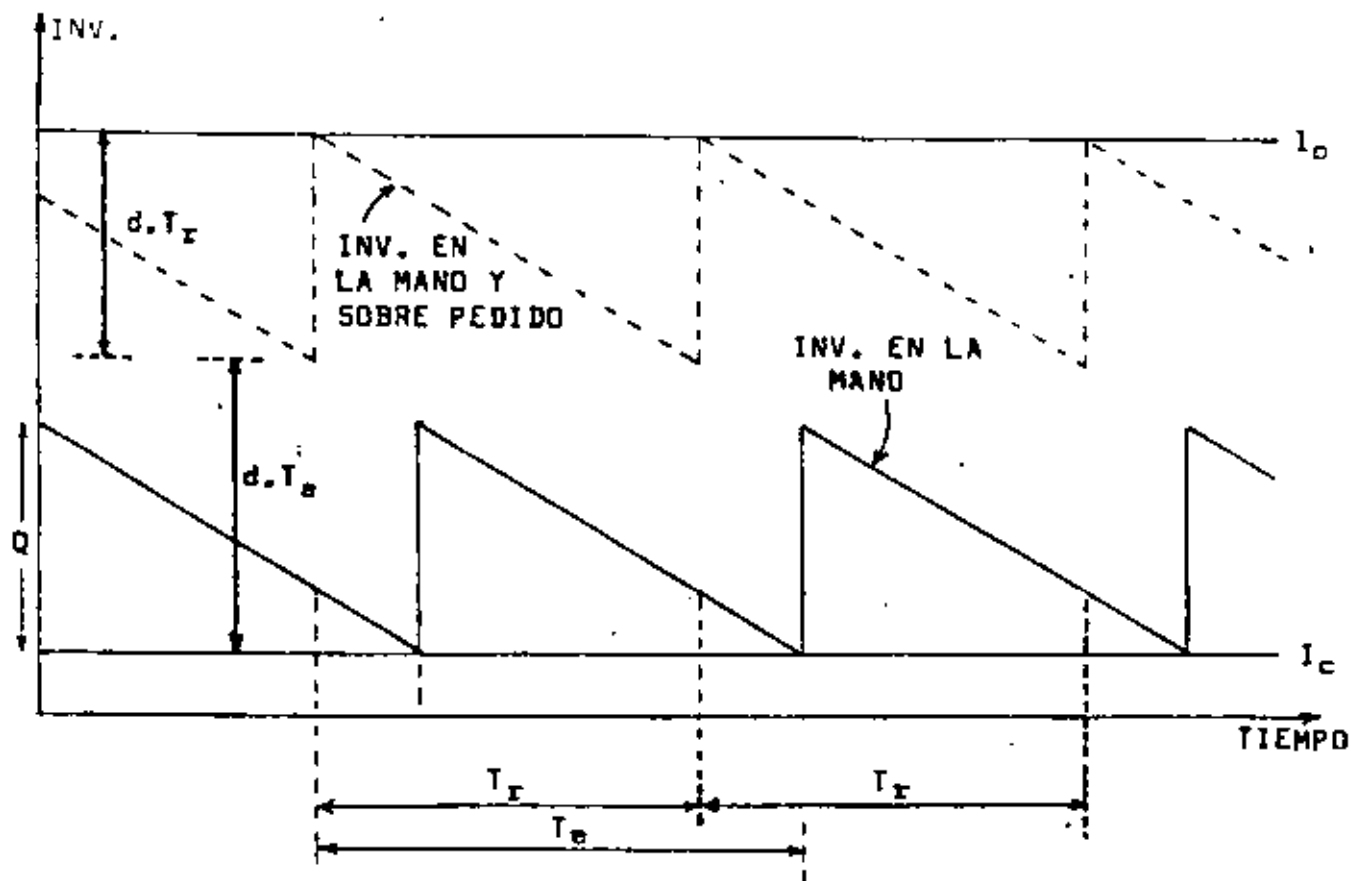
$$Q_r = I_c + \bar{d}(T_e - T_o)$$

FIGURA 22



(\*) Si  $T_e$  es constante y menor que  $T_r$ ,  $P_p$  será siempre cero.

Aunque el procedimiento para el sistema de ciclo fijo sea idéntico, vale la pena conocer la gráfica correspondiente (Figura 23). En ella



podemos observar que el valor del inventario objetivo es el mismo... ( $I_0 = I_c + \bar{d} (T_r + T_e)$ ) y que también se debe pedir siempre la cantidad  $Q = I_0 - I_c - P_p$ , cada  $T_r$  unidades de tiempo. Es importante resaltar que en este caso  $P_p$  nunca será igual a cero si  $T_e$  se mantiene mayor que  $T_r$ .

En las próximas páginas presentamos un ejemplo numérico sobre los sistemas de punto fijo y ciclo fijo.

#### 4.4. Ejemplo numérico de sistemas de punto fijo y ciclo fijo

En una empresa dada se calcularon los siguientes datos:

- Costo de mantener: 20% al año.
- Costo de preparación: \$ 20,00
- Demanda semanal media: 120 unid./semana
- Precio de la materia prima: \$ 50,00
- Inventario de contingencia óptimo: 100 unidades
- Plazo de entrega del proveedor: 1 semana
- No. de días laborables al año: 250 (50 semanas de 5 días).

Determinar:

- a) Todo lo que sea necesario para que la empresa pueda utilizar un sistema de punto fijo que conduzca a costos mínimos.
- b) El costo anual de la política del apartado a).
- c) Todo lo que sea necesario para que la empresa pueda utilizar un sistema de ciclo fijo que conduzca a un pedido medio anual aproximadamente igual a  $Q_o$ .
- d) El costo anual del sistema del apartado c).
- e) El inventario máximo en la mano y sobre pedido para un período de revisión de 2 semanas.
- f) El costo anual que corresponde a un período de revisión de 2 semanas.

SOLUCION:

Inicialmente calculamos el costo de mantener en pesos por unidad por año y la demanda anual:

$$C_m = 20\% \times 50,00 = 10,00.$$

$$D = 120 \times 50 = 6,000 \text{ unidades al año.}$$

a) La cantidad óptima será:

$$Q_o = \sqrt{2 \times 20 \times 6,000/10} = 155 \text{ unidades}$$

El valor de  $T_o$  es:

$$T_o = Q_o/D = 155/6,000 \text{ años} = 155 \times 250/6,000 \text{ días}$$

$$T_o = 6,5 \text{ días}$$

Por lo tanto,  $T_o = 6,5$  días y  $T_e = 5$  días, o sea  $T_e < T_o = T_r$ .

Finalmente, el punto de reorden será dado por:

$$Q_r = \bar{d} \cdot T_e + I_c = 120 \times 1 + 100$$

$$Q_r = 220 \text{ unidades.}$$

Esta información es suficiente para la utilización del sistema de punto fijo: siempre que el nivel del inventario llegue a  $Q_r = 220$  unidades, la empresa hará un pedido de  $Q_o = 155$  unidades.

b) El costo anual será dado por:

$$CTI = \text{Inv. medio} \times C_m + \text{No. de pedidos} \times C_p$$

$$CTI = I_{\text{med.}} \times C_m + N_o \times C_p$$

El inventario medio será:

$$I_{\text{med.}} = I_c + Q_o/2 = 100 + 155/2$$

$$I_{\text{med.}} = 177.5 \text{ unidades}$$

$$N_o = D/Q_o = 6,000/155$$

$$N_o = 39 \text{ pedidos el año}$$

Por lo tanto:

$$CTI = 177.5 \times 10 + 39 \times 20$$

$$CTI = \$ 2,555.00$$

c) El periodo de revisión que conduce a un pedido medio anual aproximadamente igual a  $Q_o$ , es  $T_o$ , o sea 6.5 días. Tomemos 7 días. Para la utilización del sistema de ciclo fijo es suficiente determinar el valor de  $I_o$ :

$$I_o = I_c + \bar{d}(T_o + T_p)$$

$$I_o = 100 + 120(7 + 5)/5$$

$$I_o = 388 \text{ unidades}$$

Por lo tanto, cada 7 días la empresa checará sus existencias  $I_o$  y pedirá la diferencia  $Q = 388 - I_o - P_p$

d) El inventario medio será:

$$I_{\text{med.}} = I_c + \bar{d} \cdot T_o/2 = 100 + \frac{(120 \div 5) \times 7}{2}$$

$$I_{\text{med.}} = 184$$

El número de pedidos el año que corresponde a un periodo de revisión de 7 días será:

$$N = D/\bar{d} \cdot T_o = 6,000/(120 \div 5) \cdot 7$$

$$N = 36$$

Por lo tanto, el costo anual correspondiente será:

$$CTI = 184 \times 10 + 36 \times 20$$

$$CTI = \$ 2,560.00$$

Obsérvese que este costo es ligeramente mayor que el costo del apartado b), ya que hemos adoptado un período de revisión de 7 días en vez de 6.5 días, que es el óptimo.

e) Puesto que en este caso  $T_o = 1$  semana y  $T_r = 2$  semanas, entonces  $T_o < T_r$ . El inventario máximo en la mano y sobre pedido será:

$$I_o = I_c + \bar{d} (T_r + T_o)$$

$$I_o = 100 + 120 (2 + 1)$$

$$I_o = 460 \text{ unidades.}$$

f) El inventario medio correspondiente será:

$$I_{\text{med.}} = I_c + \bar{d} \cdot T_r / 2 = 100 + 120 \times 2 / 2$$

$$I_{\text{med.}} = 220 \text{ unidades}$$

El número de pedidos el año será:

$$N = D / \bar{d} \cdot T_r = 6,000 / 120 \times 2 = 25$$

Por lo tanto:

$$CTI = 220 \times 10 + 25 \times 20$$

$$CTI = \$ 2,700.00$$

Bibliografía:

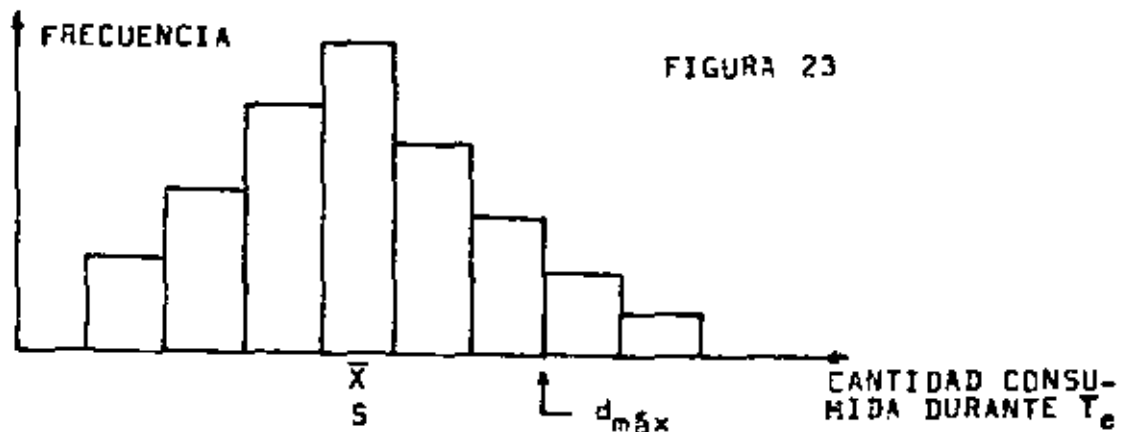
E. S. BUFFA - Sistemas de Producción-Inventario: Planeación y Control

#### 4.5. Sistemas de Punto Fijo y Ciclo Fijo con Tiempo de Entrega Variable.

Cuando el tiempo de entrega del proveedor es variable, podrá utilizarse el tiempo de entrega medio ( $\bar{T}_e$ ) en todas las fórmulas de los sistemas de punto fijo y ciclo fijo, excepto para el cálculo de los inventarios de contingencia.

La determinación de los inventarios de contingencia requiere la definición de la distribución estadística de las cantidades consumidas durante el tiempo de entrega (que es variable). Para esto podemos adoptar dos soluciones alternativas:

- a) Registrar las cantidades consumidas durante los diferentes tiempos de entrega y construir un histograma como el que se muestra a continuación:



Donde:  $\bar{X}$  = cantidad media consumida durante  $T_e$

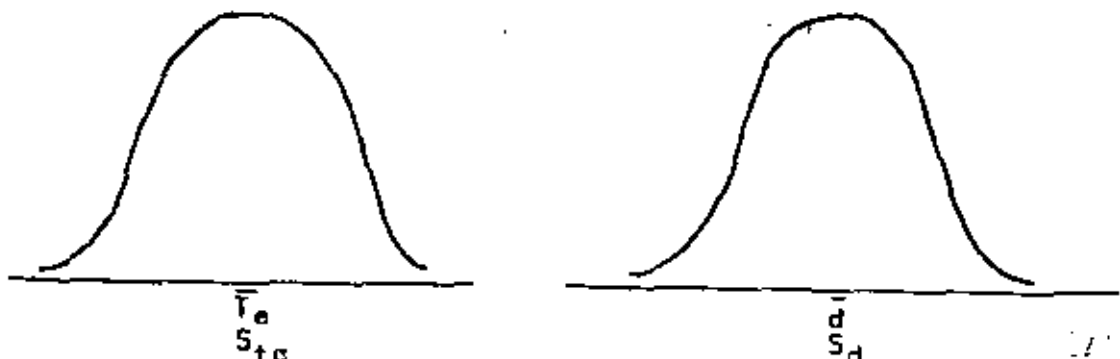
$S$  = desviación estándar

$d_{\max}$  = demanda máxima que dependerá de la probabilidad escogida de que ocurra una falta.

Cuando esta distribución sea normal, podremos entonces utilizar las tablas de la curva normal para determinar la demanda máxima correspondiente a cualquier probabilidad pre-establecida.

Una vez que  $d_{\max}$  haya sido determinada, el inventario de contingencia será igual a  $d_{\max} - \bar{X}$ , como anteriormente.

- b) Definir las distribuciones de las variables "demanda" y "tiempo de entrega" a través de sus estadísticas:



La distribución de las cantidades consumidas durante el tiempo de entrega tendrá entonces las siguientes características:

$$\text{Media} = \bar{X} = \bar{d} \cdot \bar{T}_e$$

$$\text{Desviación} = S = \sqrt{S_{te}^2 + S_d^2}$$

donde  $S_{te}$  y  $S_d$  deben expresarse de la misma forma y  $S_d$  debe corresponder al tiempo de entrega medio  $\bar{T}_e$ . Por ejemplo:

$$\bar{T}_e = 1.5 \text{ semanas}$$

$$\bar{d} = 200 \text{ unidades/semana}$$

$$\bar{X} = \bar{d} \cdot \bar{T}_e = 200 \text{ u/s} \times 1.5 \text{ s} = 300 \text{ unidades}$$

$$S_d = .30 \text{ unidades/semana} = 30 \times \sqrt{1.5 \text{ s} / \sqrt{1 \text{ s}}} = 37 \text{ unid./1.5 s.}$$

$$S_{te} = 0.1 \text{ semanas} = 200 \times 0.1 = 20 \text{ unidades}$$

$$S = \sqrt{37^2 + 20^2} = 42 \text{ unidades}$$

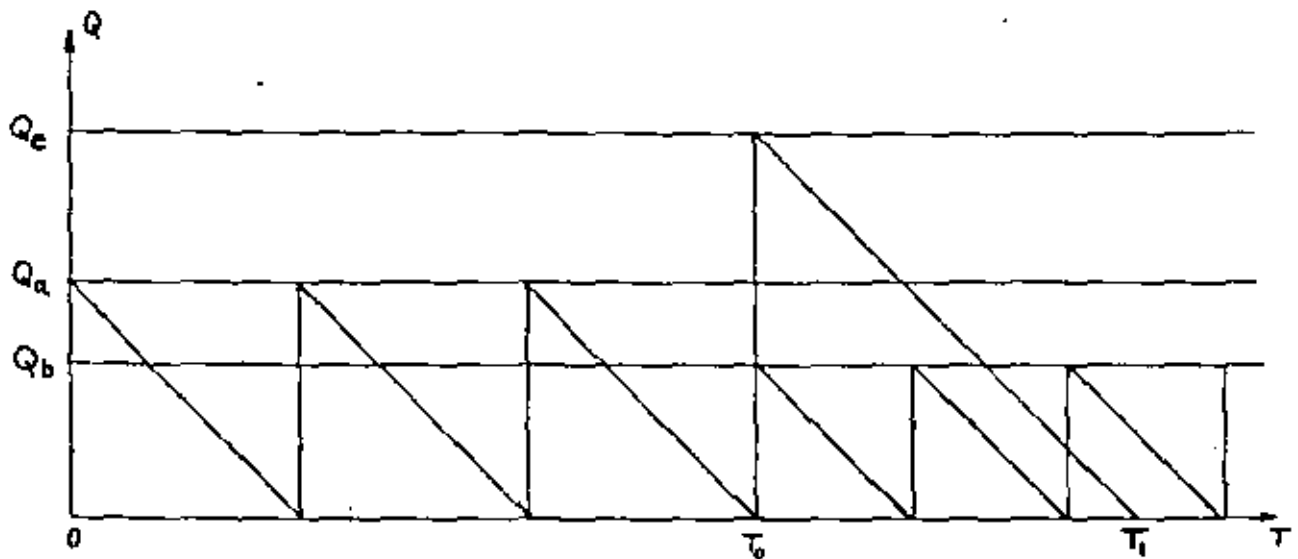
Nuevamente, se escoge una probabilidad de que ocurra una falta de existencias, se determina la  $d_{\text{máx}}$  correspondiente y finalmente se determina el inventario de contingencia mediante la diferencia  $I_c = d_{\text{máx}} - \bar{X}$



### V. MODELOS ESPECIALES DE INVENTARIOS (\*)

#### 1. Modelo para el Caso de Aumento de Precio durante el período analizado.

Este modelo se utiliza cuando un proveedor nos avisa sobre un próximo aumento en el precio de su producto. Este tipo de modelo no es repetitivo (a excepción de que durante el período analizado haya varios aumentos de precio), es decir, las condiciones del sistema no son permanentes.



El procedimiento básico será considerar el período de tiempo  $(T_1 - T_0)$  y comparar el costo de no tomar ventaja del cambio de precio, o sea, seguir con el mismo sistema, contra el costo de comprar justo antes del aumento una cantidad mayor.

Utilizaremos la siguiente notación:

$C_m$  = Costo de mantener por unidad por año.

$C_p$  = Costo de preparación.

(\*) Por el Ing. Pascual Alaniz E.

$K_1$  = Precio actual de la unidad

$K_2$  = Precio nuevo =  $k_1 + U$

$U$  = Diferencia entre precios

$F_m$  = Costo de mantener en términos de porcentaje

$D$  = Demanda anual

### Costo Total de Tomar Ventaja

Toma ventaja sería comprar una cantidad  $Q_c$  bastante grande antes del cambio de precio con los siguientes costos:

$$\text{Costo de comprar} = Q_c \times K_1$$

$$\text{Costo de mantener} = \frac{Q_c K_1 F_m}{2} \times (T_1 - T_0) = \frac{Q_c K_1 F_m}{2} \cdot \frac{Q_c}{D}$$

Ya que de la figura se ve que  $(T_1 - T_0) = \frac{Q_c}{D}$ .

$$\text{Costo de preparación} = C_p$$

Debe resaltarse que el período que se analiza es sólo mientras dura el pedido  $Q_c$ . El costo total sería entonces:

$$C_t = Q_c \times K_1 + \frac{Q_c K_1 F_m}{2} \cdot \frac{Q_c}{D} + C_p = Q_c \times K_1 + \frac{Q_c^2 K_1 F_m}{2D} + C_p$$

### Costo total de no tomar ventajas

Para el mismo período  $(T_1 - T_0)$ , no tomar ventaja sería sólo cambiar el nivel de inventario a un nivel óptimo, utilizando el modelo clásico. La cantidad a pedir sería:

$$Q_b = \sqrt{\frac{2 \times D \times C_p}{K_2 F_m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot C_p}{(K_1 + U) F_m}}$$

Los costos serían:

$$\text{Costo de comprar} = (K_1 + U) Q_c$$

Ya que el período es el mismo y la cantidad de unidades utilizadas sería también  $Q_c$ .

$$\text{Costo de mantener} = \frac{Q_b (K_1 + U) \cdot F_m}{2} \cdot \frac{Q_c}{D}$$

$$\text{Costo de pedir} = \frac{Q_c}{Q_b} \cdot C_p$$

El Costo total sería

$$C_t' = (K_1 + U) Q_c + \frac{Q_b (K_1 + U) F_m}{2} \cdot \frac{Q_c}{D} + \frac{Q_c}{Q_b} \cdot C_p$$

Si llamamos "G" a la diferencia de costos, tenemos:

$$G = C_t' - C_t$$

y sustituyendo sus valores y el valor de  $Q_b$  :

$$G = Q_c \cdot U + Q_c \sqrt{\frac{2C_p F_m (K_1 + U)}{D}} - \frac{Q_c^2 \cdot K_1 F_m}{2D} - C_p$$

Derivando con respecto a  $Q_c$ , igualando a 0 y despejando  $Q_c$ , tenemos:

$$Q_{co} = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot C_p}{(K_1 + U) F_m}} \frac{K_1 + U}{K_1} + \frac{U \cdot D}{K_1 \cdot F_m} = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot C_p \cdot K_2}{K_1^2 \cdot F_m}} + \frac{U \cdot D}{K_1 \cdot F_m}$$

$$Q_{co} = \frac{Q_b \cdot K_2}{K_1} + \frac{U \cdot D}{K_1 \cdot F_m}$$

que es el lote que maximiza el ahorro por tomar ventaja del cambio de precio, siendo:

$$G_o = \frac{U}{K_1} \left[ \frac{UD}{2F_m} + Q_b (K_1 + U) + C_p \right] = \frac{U}{K_1} \left[ \frac{UD}{2F_m} + Q_b K_2 + C_p \right]$$

Veamos un ejemplo numérico :

7.5.1

El precio de compra de un artículo hasta el 31 de diciembre de 1977 es de \$0.31 /lb. y el artículo es usado a razón de 450 lb/mes. El costo de mantener es de 20%/año y el costo de preparación es de \$5.10/pedido.

¿Qué cantidad hay que pedir el 31 /XII/77 si el precio cambia a \$0.34/lb. el día 1o ./1/78?

$$Q_{\infty} = \frac{0.03 \times 5400}{0.31 \times 0.20} + \sqrt{\frac{2 \times 5400 \times 5.10 \times 0.34}{(0.31)^2 \times 0.20}} = 3,600$$

$$G_o = \$ 69.30$$

## 2. Modelo con Demanda Creciente Conocida

Las características de este modelo de inventarios son las siguientes:

- El sistema opera durante el período  $T_f$  unidades de tiempo.
- Durante este período  $T_f$  existe una demanda total de "D" unidades.
- La tasa de demanda cambia linealmente con el tiempo "T", o sea:

$$d = a T \quad (1)$$

La constante "a" puede ser determinada de:

$$D = \int_0^{T_f} d \cdot dt = \int_0^{T_f} a T \cdot dt = \left( \frac{aT^2}{2} \right)_0^{T_f} = \frac{aT_f^2}{2} \dots \quad (2)$$

$$D = \frac{aT_f^2}{2} \quad \therefore \quad a = \frac{2D}{T_f^2}$$

$$\therefore \quad d = \frac{2D}{T_f^2} \cdot t \quad (3)$$

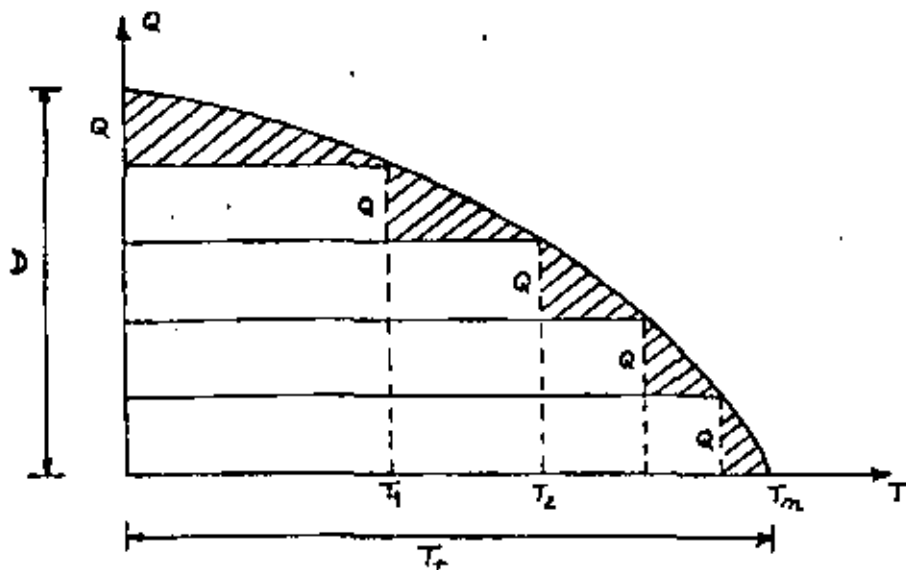
- Los costos relevantes son el costo de mantener  $C_m$  y el costo de preparación  $C_p$ . No se permiten faltantes.

Veamos el procedimiento para determinar la cantidad óptima  $Q_o$ .

Sea "N" el número de pedidos hechos durante el período  $T_t$ . Entonces:

$$Q = \frac{D}{N} \text{ --- --- (4)}$$

Para encontrar el número promedio de piezas en inventario durante el período  $T_t$ , véase la figura:



El total en inventario  $I_t$  durante el período  $T_t$  es la parte hachurada:

$$I_t = \frac{2}{3} D \cdot T_t - \sum_{i=1}^{n-1} (n-i) \cdot Q \cdot (T_i - T_{i-1}) \text{ --- --- (5)}$$

donde  $\frac{2}{3} D \cdot T_t$  es el área de la parábola.

Una expresión de  $T_i$  se puede obtener así: durante el período  $(T_{i-1} - T_i)$  la demanda total es:

$$\int_{T_{i-1}}^{T_i} d \cdot dT = Q$$

De las ecuaciones (3) y (4) tenemos:

$$\frac{D}{N} = \int_{T_{i-1}}^{T_i} d \cdot dT$$

$$\frac{D}{N} = \int_{T_{i-1}}^{T_i} \frac{2D}{T_f^2} T \, dT = \left[ \frac{2D}{T_f^2} \cdot \frac{T^2}{2} \right]_{T_{i-1}}^{T_i} = \left[ \frac{D \cdot T^2}{T_f^2} \right]_{T_{i-1}}^{T_i}$$

$$\frac{D}{N} = \frac{D}{T_f^2} [T_i^2 - T_{i-1}^2] \text{ ----- (6)}$$

$$T_i^2 - T_{i-1}^2 = \frac{T_f^2}{N} \text{ ----- (7)}$$

Como  $T_0 = 0$ , se puede derivar una expresión general para  $T_i$  por inducción matemática:

$$T_i^2 = \frac{T_f^2}{N} + T_{i-1}^2$$

$$\text{Para } T_1: T_1^2 = \frac{T_f^2}{N} + T_0^2$$

$$T_1^2 = \frac{T_f^2}{N}$$

$$\text{Para } T_2: T_2^2 = \frac{T_f^2}{N} + T_1^2$$

$$T_2^2 = \frac{T_f^2}{N} + \frac{T_f^2}{N}$$

$$T_2^2 = 2 \frac{T_f^2}{N}$$

Se supone que esta expresión es válida para "i", es decir:

$$T_i^2 = i \cdot \frac{T_f^2}{N}$$

y se demuestra que es válida para (i+1):

$$T_{i+1}^2 = \frac{T_f^2}{N} + T_i^2$$

$$T_{i+1}^2 = \frac{T_t^2}{N} + \frac{i T_t^2}{N}$$

$$T_{i+1}^2 = (i+1) \cdot \frac{T_t^2}{N}$$

$$T_{i+1} = T_t \sqrt{\frac{i+1}{N}}$$

se demuestra pues que:

$$T_i = T_t \cdot \sqrt{i/N} \text{ ----- (8)}$$

De las ecuaciones (2), (4), (5) y (8) tenemos:

$$I_{\text{med}} = \frac{I_t}{T_t}$$

$$\begin{aligned} I_{\text{med}} &= \frac{I}{T_t} \left[ \frac{2}{3} \cdot D \cdot T_t - \sum_{i=1}^{N-1} (N-i) \cdot Q \cdot (T_i - T_{i-1}) \right] \\ &= \frac{I}{T_t} \left[ \frac{2}{3} \cdot D \cdot T_t - \sum_{i=1}^{N-1} (N-i) \cdot \frac{D}{N} \left( T_t \sqrt{\frac{i}{N}} - T_t \sqrt{\frac{i-1}{N}} \right) \right] \\ &= \frac{2}{3} \cdot D - \sum_{i=1}^{N-1} (N-i) \cdot \frac{D}{N} \cdot \left( \sqrt{\frac{i}{N}} - \sqrt{\frac{i-1}{N}} \right) \\ &= D \cdot \left[ \frac{2}{3} - \sum_{i=1}^{N-1} (N-i) \cdot \frac{1}{N} \left( \sqrt{\frac{i}{N}} - \sqrt{\frac{i-1}{N}} \right) \right] \\ &= D \cdot \left[ \frac{2}{3} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} (N-i) \left( \sqrt{\frac{i}{N}} - \sqrt{\frac{i-1}{N}} \right) \right] \\ &= \frac{D}{N} \left[ \frac{2N}{3} - \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=1}^{N-1} (N-i) (\sqrt{i} - \sqrt{i-1}) \right] \\ &= \frac{D}{N} \left[ \frac{2}{3} \cdot N - \frac{\sqrt{1} + \sqrt{2} + \sqrt{3} + \dots + \sqrt{N-1}}{\sqrt{N}} \right] \\ &= \frac{D}{N} h(N) \end{aligned}$$

en donde  $h(N) = \frac{2N}{3} - \frac{\sqrt{1} + \sqrt{2} + \sqrt{3} + \dots + \sqrt{N-1}}{\sqrt{N}}$

Demostración numérica de que:

$$\sum_{i=1}^{N-1} (N-i) \left[ \sqrt{i} - \sqrt{i-1} \right] = \sqrt{1} + \sqrt{2} + \dots + \sqrt{N-1}$$

Sea  $N=5$ , entonces se tiene que:

$$\sum_{i=1}^{5-1} (N-i) (\sqrt{i} - \sqrt{i-1}) \text{ es igual a:}$$

$$i=1 \Rightarrow (5-1) (\sqrt{1} - \sqrt{0}) = 4 \sqrt{1}$$

$$i=2 \Rightarrow (5-2) (\sqrt{2} - \sqrt{1}) = 3(\sqrt{2} - \sqrt{1})$$

$$i=3 \Rightarrow (5-3) (\sqrt{3} - \sqrt{2}) = 2(\sqrt{3} - \sqrt{2})$$

$$i=4 \Rightarrow (5-4) (\sqrt{4} - \sqrt{3}) = 1(\sqrt{4} - \sqrt{3})$$

Sumando tenemos:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{5-1} &= 4\sqrt{1} + 3\sqrt{2} - 3\sqrt{1} + 2\sqrt{3} - 2\sqrt{2} + 1\sqrt{4} - 1\sqrt{3} \\ i=1 &= \sqrt{1} + \sqrt{2} + \sqrt{3} + \sqrt{4} \quad \therefore \text{LQOD.} \end{aligned}$$

Veamos ahora los valores de la función  $h(N)$ :

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30
$h(N)$	0.667	0.626	0.606	0.594	0.585	0.578	0.573	0.568	0.565	0.562	0.544	0.537
											$\frac{40}{0.532}$	

Finalmente, la ecuación del costo total que corresponde a "N" períodos es:

$$CTI(N) = \frac{C_m \cdot D \cdot h(N)}{N} + \frac{C_p \cdot N}{T_f}$$

Como "N" es discreta se usa para su cálculo la siguiente función:



$$F(N_0 - 1) \leq \frac{C_m \cdot D \cdot T_f}{C_p} \leq F(N_0)$$

$$\text{en donde } F(N) = \frac{N(N+1)}{(N+1)h(N) - N \cdot h(N+1)}$$

Ejemplo numérico:

Existe un contrato para la entrega de 7200 partes en un periodo de 3 años a un ritmo creciente linealmente. El costo de mantener en inventario es de \$ 0.56 por unidad por año, y el costo de preparación es de \$ 42.00. Encontrar  $Q_0$ ,  $N_0$  y  $CTI(N_0)$ .

$$\frac{C_m \cdot D \cdot T_f}{C_p} = \frac{0.56 \times 7200 \times 3}{42.00} = 288$$

$$F_{12} = 268.5$$

$$F_{13} = 313.2$$

$$\therefore N_0 = 13$$

Por la ecuación (4) se tiene que:

$$Q_0 = \frac{7200}{13} = 554 \text{ unidades}$$

El costo anual será entonces:

$$CTI(N_0) = \frac{C_m \cdot D \cdot h(N_0)}{N_0} + \frac{C_p \cdot N_0}{T_f} = \$ 354.00 / \text{año.}$$

### 3. Modelo con Varios Productos y Restricción de Superficie o Dinero.

Como ejemplo para este sistema de inventarios, utilizaremos el modelo clásico con control sobre los costos de mantener, de preparación y de faltante. El costo que corresponde a un determinado inventario máximo  $I_m$  (\*), es:

(\*) Hemos utilizado hasta ahora la abreviación  $I_{m\acute{o}x}$ , sin embargo para este modelo nos conviene una notación más sencilla.

$$C(I_m) = \frac{C_m I_m^2}{2Q} + \frac{C_f (Q - I_m)^2}{2Q} \quad C_p \cdot \frac{D}{Q}$$

donde  $C(I_m)$  es el costo que corresponde al inventario máximo  $I_m$ .

Cuando aplicamos esta fórmula a "n" diferentes productos, tenemos:

$$C(I_{m1} + I_{m2} + I_{m3} + \dots + I_{mn}) = \sum_{i=1}^n \frac{C_{mi} I_{mi}^2 + C_{fi} (Q_i - I_{mi})^2}{2Q_i}$$

Respecto a las restricciones, suponiendo que sean de superficie o de dinero (queriendo decir con esta última que no se desea tener en existencia más de una cierta cantidad de dinero invertida), las fórmulas que las representarían son:

$$\sum_{i=1}^n I_{mi} \cdot a_i \leq A$$

$$\sum_{i=1}^n I_{mi} \cdot K_i \leq E$$

donde:

$a_i$  = área o superficie que ocupa la unidad del producto "i".

$A$  = área total disponible

$K_i$  = dinero o precio unitario del producto i.

$E$  = Cantidad máxima que se desea tener invertida en inventarios (existencia máxima en \$).

Las fórmulas a las que se llega aquí serán del tipo general, para cuando existe una restricción de este tipo, ya que las fórmulas también podrían utilizarse para restricción de volumen, etc.

Para los casos en que existan más de una restricción, se deberá desarrollar el modelo por medio del método de los multiplicadores de Lagrange (Matemáticas III), que es el método que se utilizó para este modelo.

El procedimiento es el siguiente:

Se sabe que el nivel máximo óptimo individual (para cada uno de los productos) es:

$$(i_{mi}^*)_o = \frac{Q_{i_o} C_{fi}}{C_{mi} + C_{fi}}$$

donde el asterisco indica que el inventario máximo óptimo es individual y que puede no ser factible.

El primer paso es ver si estos niveles óptimos no violan las restricciones: Si no la viola entonces:

$$(I_{mi})_o = (i_{mi}^*)_o$$

donde  $(I_{mi})_o$  son los inventarios máximos factibles.

Cuando existen dos o más restricciones, se checa cada una de ellas llamándose a las que si se violan restricciones activas, las cuales entran a formar parte del modelo.

Para el caso que estamos tratando en que sólo existe una restricción, tenemos:

$$\sum_{i=1}^n I_{mi} \times r_i \leq R \quad (*)$$

donde:  $R$  = restricción total

$r_i$  = constante unitaria del producto "i" (€/unid, etc)

Si esto se viola al usar  $(i_{mi}^*)_o$  utilizamos multiplicadores de Lagrange haciendo:

$$\sum_{i=1}^n I_{mi} \times r_i - R = 0$$

e integrándola a una nueva función "F" a optimizar:

$$F(I_{m1}, I_{m2}, \dots, I_{mn}) = C(I_{m1} + I_{m2} + \dots + I_{mn}) + g\left(\sum_{i=1}^n I_{mi} \times r_i - R\right)$$

(\*) Estamos considerando que existe la posibilidad de que todos los inventarios máximos ocurran al mismo tiempo

donde "g" es el multiplicador de Lagrange. Se deriva a "F" con respecto a cada una de las variables y se igualan las derivadas a cero, quedando así un sistema de (n+1) ecuaciones con (n+1) incógnitas:

$$\frac{\partial F}{\partial I_{m1}} = 0 ; \quad \frac{\partial F}{\partial I_{m2}} = 0 ; \quad \frac{\partial F}{\partial I_{m3}} = 0 ; \quad \dots ; \quad \frac{\partial F}{\partial I_{mn}} = 0 \quad \text{y} \quad \frac{\partial F}{\partial g} = 0$$

de donde al despejar "g" obtenemos al multiplicador óptimo:

$$g_0 = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{C_{fi} \times r_i \times Q_{io}}{C_{mi} + C_{fi}} - R}{\sum_{i=1}^n \frac{(r_i)^2 \times Q_{io}}{C_{mi} + C_{fi}}}$$

y los niveles máximos óptimos serán:

$$(I_{mi})_0 = Q_{io} \left( \frac{C_{fi} - g_0 \cdot r_i}{C_{mi} + C_{fi}} \right)$$

donde  $Q_{io}$  es dato.

Ejemplo numérico:

Hay 5 productos y el espacio total aprovechable es de 3,000 m<sup>2</sup> :

Producto "i"	1	2	3	4	5
$Q_{io}$	200	100	500	80	1000
$C_{mi}$	2	1	4	5	1
$C_{fi}$	50	40	20	30	10
$r_i$	5	3	9	12	0.2

Solución:

Producto	$(I_{mi}^*)_0$	$a_i$	$(I_{mi}^*)_0 \times a_i$
1	192.3	5	961.5
2	97.5	3	292.7
3	416.7	9	3750.0
4	68.57	12	822.85
5	909.0	0.2	181.8
TOTAL			5,908.83

Por lo tanto se viola la restricción  $A = 3,000 \text{ m}^2$ .

$$5,908.83 > A.$$

Utilizando las ecuaciones, tenemos:

$$g_0 = 1.47$$

$$(I_{m1})_0 = 165$$

$$(I_{m2})_0 = 87$$

$$(I_{m3})_0 = 142$$

$$(I_{m4})_0 = 29$$

$$(I_{m5})_0 = 883$$

y finalmente:

$$\sum_{i=1}^5 (I_{mi})_0 \times a_i = 2866 < 3,000 = A.$$

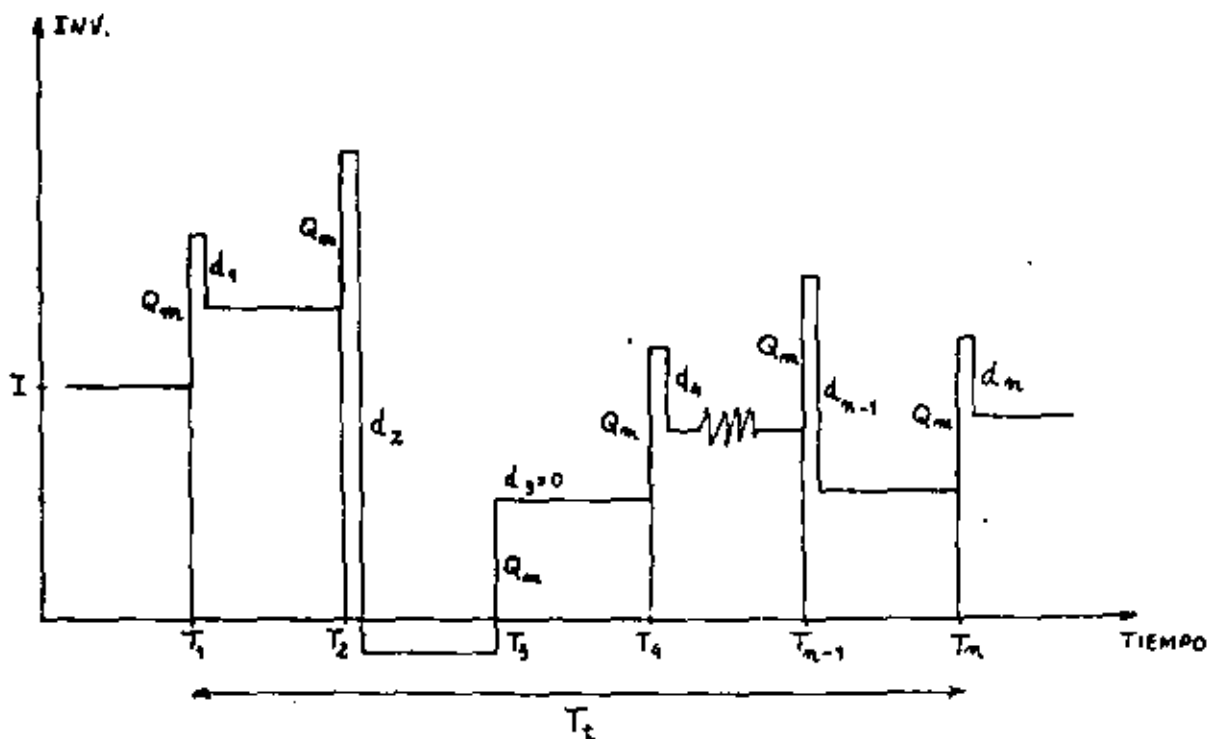
#### 4. Modelo para Demanda Variable Conocida.

Para este sistema de inventarios existen "n" periodos iguales "T", en un periodo total  $T_t$ . La demanda  $d_i$  ocurre al principio de cada periodo programado  $T_i$ . Los valores de las demandas  $d_i$  no son necesari-

riamente iguales. Una  $Q_m$  constante y programada se suma al inventario al inicio de cada período programado. El tamaño del lote  $Q_m$  es igual a la demanda promedio:

$$Q_m = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n}$$

La única variable sujeta a control en este sistema es "I", nivel de inventarios al principio de cada período  $T_i$ , por lo tanto existe un costo de mantener en inventario y también un costo de faltante con las fluctuaciones del sistema.



Tenemos:

$I_i$  = Cantidad en inventario para período "i"

$$I_i = I_0 + i \times Q_m - \sum_{j=1}^i d_j \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Definamos las siguientes variables:

$$R_i^i = \sum_{j=1}^i d_j - i \times Q_m$$

$$R_n^i = 0$$

$R_i = R_i^i$ , de tal forma que:

$$R_i \leq R_{i+1} \leq R_{i+2} \dots [i = 1, 2, \dots, n]$$

El procedimiento para determinar el valor óptimo de "i" es el siguiente:

a) Calculamos  $n \frac{C_f}{C_m + C_f}$  y determinamos el valor del número entero "m" de tal forma que:

$$m \geq n \frac{C_f}{C_m + C_f}$$

b) El valor óptimo de "i" será entonces dado por:

$$R_m \leq I_o \leq R_{m+1}$$

Finalmente, el costo mínimo que corresponde a este valor de  $I_o$ , será:

$$CTI_o = (C_f + C_m) (m \times I_o - \sum_{j=1}^m R_j) - C_f \times n \times I_o + C_f \sum_{j=1}^n R_j$$

Ejemplo numérico:

La demanda semanal de un producto es la siguiente:

Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Cantidad	14 lb	9 lb	17 lb	2 lb	0 lb	19 lb	9 lb

El costo de mantener es de \$ 0.20 por lb. por día y el costo del faltante es de \$0.50 por lb. por día.

Encontrar el nivel de inventario al principio de la semana que minimice el costo.

Solución:

$$Q_m = (14 + 9 + 17 + 2 + 0 + 19 + 9)/7 = 10$$

$$R_1' = 14 - 10 = 4$$

$$R_2' = 14 + 9 - 2(10) = 3$$

$$R_3' = 14 + 9 + 17 - 3(10) = 10$$

$$R_4' = 14 + 9 + 17 + 2 - 4(10) = 2$$

$$R_5' = 14 + 9 + 17 + 2 + 0 - 5(10) = -8$$

$$R_6' = 14 + 9 + 17 + 2 + 0 + 19 - 6(10) = 1$$

$$R_7' = 14 + 9 + 17 + 2 + 0 + 19 + 9 - 7(10) = 0$$

Ordenándolas para obtener los  $R_j$ , tenemos:

$$R_1 = -8$$

$$R_2 = 0$$

$$R_3 = 1$$

$$R_4 = 2$$

$$R_5 = 3$$

$$R_6 = 4$$

$$R_7 = 10$$

El valor de "m" será:

$$n \frac{C_f}{C_f + C_m} = 7 \frac{0.5}{0.7} = 5$$

$$m = 5$$

Por lo tanto:

$$R_m \leq l_o \leq R_{m+1}$$

$$R_5 \leq l_o \leq R_6$$

$$3 \leq l_o \leq 4$$



El costo mínimo será dado por (considerando  $I_0 = 3$ ):

$$CTI_0 = (0.50 + 0.20) (5 \times 3 - \sum_{i=1}^5 R_i) - 0.50 \times 7 \times 3 + 0.50 \times \sum_{i=1}^7 R_i$$

$$CTI_0 = 0.70 (15 - (-2)) - 10.5 + 0.50 \times 12$$

$$CTI_0 = 11.9 - 10.5 + 6.0$$

$$CTI_0 = \$ 7.40$$



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**CURSO DIRIGIDO AL PERSONAL PROFESIONAL DE  
FORD MOTOR COMPANY, S.A.**

**CONTROL DE INVENTARIOS**

**PROF. ING. JUAN JOSE DIMATTEO C.**

**OCTUBRE 19, 1981.**

**Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 primer piso México 1, D. F. Tel: 521-40-20 Apdo. Postal M.2285**

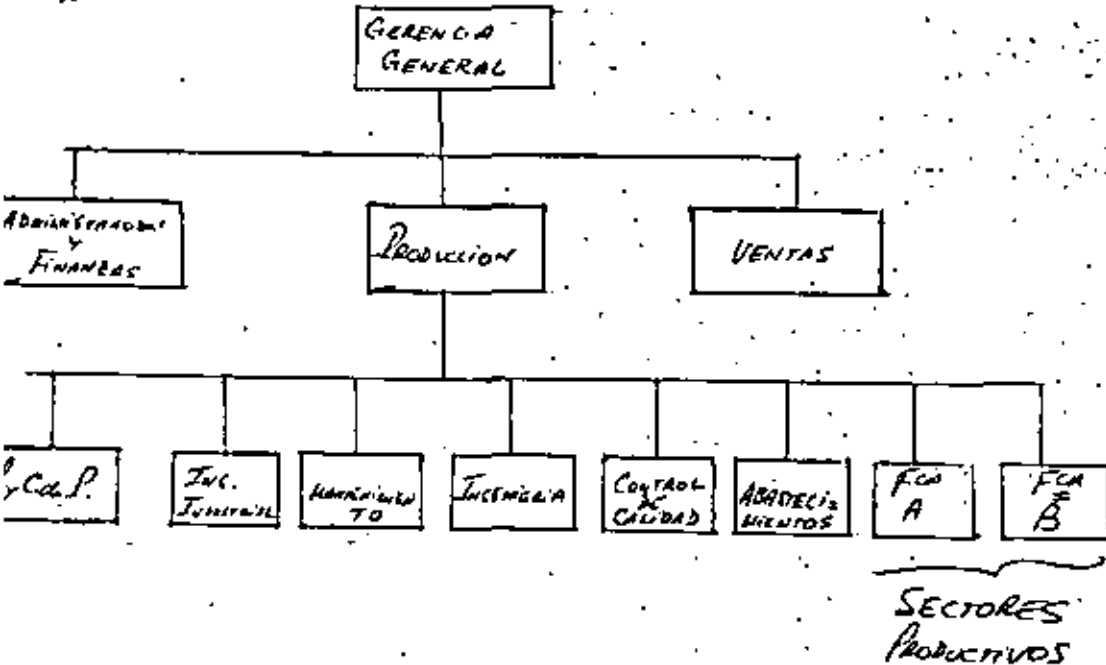


CONCEPTO DE SISTEMA DE PRODUCCION. - Es la armazón o esqueleto de las actividades dentro del cual ocurre la creación del valor.

CONCEPTO DE SISTEMA. - Es un conjunto de elementos interrelacionados con un objetivo común.

Dentro de este Sistema de Producción que acabamos de definir existen subsistemas, es decir sistemas más pequeños que forman parte del todo. Por ejemplo podemos hablar de un subsistema de información, un subsistema para planear y controlar la producción, para control de calidad, para inventarios, etc.

En estas notas abordaremos el Subsistema de Planeación y Control de la Producción. Para ello trataremos de ubicarlo dentro del organigrama de la empresa (Fig. # 1).



Debe entenderse en primer lugar que la función de Planeación y Control de la Producción (P. y C. de P) es de Coordinación. Es decir requiere de información y cooperación entre varias áreas de la empresa.

La relación con ventas (mercadotecnia) debe ser bidireccional. Del Departamento de Ventas provienen los pedidos y las fechas de entrega prometidas. Los pedidos indican cantidades y fechas de embarque. Esta información es esencial para iniciar la planeación de la producción.

Sin embargo es común que haya problemas entre Ventas y Producción. Incluso hay empresas que estimulan una cierta competencia entre ambos departamentos.

Recuerdo un razonamiento que escuché en un Departamento de Ventas y que creo explica bien el conflicto que suele plantearse. "Cuando las ventas van bien, ello se debe a que las políticas y procedimientos de ventas son muy buenos. Cuando las ventas van mal, ello se debe a que el producto es malo o no se cumple con los compromisos de entrega".

Para evitar estos problemas (y aquí aparece la bidirección) el departamento de P. y C. de P. debe proporcionar informes a ventas sobre los tiempos críticos en la fabricación, para la compra de materiales y partes, las especificaciones de los productos que son fáciles de producir y la relación de órdenes de trabajo que pueden demorar el cumplimiento de los pedidos particulares.

La relación con el Departamento de Ingeniería es obvia. Se necesitarán dibujos técnicos, especificaciones, heliográficas y otras informaciones descriptivas acerca de los productos y procesos comprendidos en la fabricación.

La P. y C. de P. necesita estos datos para hacer las hojas de ruta, lista de materiales, etc.

Nuevamente suelen presentarse fricciones entre estos departamentos. Los de Ingeniería piensan que producción no quiere saber nada con cambios y los de producción resienten la alteración de programas y rutas cuando Ingeniería hace tales cambios.

La relación con lo que hemos llamado "Sectores Productivos" es, desde luego, la que comprende la mayor parte de la actividad de la P. y C. de P. Casi todos los despachos van al departamento de fabricación y la mayoría de las expediciones se hace con este grupo. Cuando hay ruido en las comunicaciones entre estas dos departamentos, o se presenta algún conflicto, la firma puede encontrarse con verdaderos problemas.

La relación con el departamento de personal comprende el problema de disponibilidad de empleados y la adquisición de nuevos. Personal requiere saber cuántos empleados se requerirán en el futuro y a menudo recurre a P. y C. de P. para obtener esta información.

Las relaciones con compras aparecen como obvias. Compras necesita saber, con bastante antelación, las cantidades y especificaciones de los materiales que se requerirán.

Esta información debe provenir de P. y C. de P. De la misma manera P. y C. de P. necesita retroalimentación para saber si los materiales están disponibles o no y si llegarán en el momento adecuado para cumplir con el programa de producción. Últimamente apareció una nueva función del departamento de compras llamado "Análisis del Valor" que fundamentalmente estudia materias y procesos alternativos. Esta nueva función ha aumentado la necesidad de comunicación con P. y C. de P. con Ingeniería.

Con el Departamento de Ingeniería Industrial se requiere un contacto muy estrecho. En ocasiones I.I. depende de P. y C. de la P. (en algunas organigramas se da la inversa).

Ingeniería Industrial deberá proporcionar datos sobre tiempos, distancias, disposición óptima de equipos, movimiento de materiales, inventarios, capacidad de máquinas, etc.

#### LAS FUNCIONES DE P. y C. de la P.:

Las funciones o tareas difieren mucho de acuerdo con el tamaño y tipo de industria.

No obstante, podemos enumerar las siguientes funciones para el caso más general.

1. Análisis de pedidos para determinar las materias primas y partes que se necesitarán.
2. Planeamiento de los trabajos.
3. Preparación de los órdenes de trabajo y de los modelos impresos para las mismas, de la redacción, de las tarjetas de tiempo, de los vales de almacén, etc.
4. Llevar el control de inventarios.
5. Solicitudes de compra:
  - a. reparar materiales
  - b. artículos comprados afuera
6. Lista de operaciones y hojas de ruta.
7. Estudios de tiempos y movimientos.
8. Carga de máquinas.
9. Reparto diario del trabajo.
10. Control del avance de trabajos.
11. Registros de Producción.
12. Control de Subcontratos.
13. Ayudar o hacer las estimaciones de costo sobre los órdenes.

TIPOS DE CONTROL DE LA PRODUCCIÓN

En realidad no podemos hablar de un tipo determinado de Control de Producción - pues un Sistema puede funcionar en una empresa y fracasar en otra similar. Los factores básicos que hacen que un Sistema de Control sea más conveniente -

que otro, incluyen el tamaño de la compañía, la cantidad de detalles requeridos para el control, la naturaleza de los procesos, la naturaleza de los artículos y los tipos de mercados en los cuales está la empresa.

Dado que hay tantas variables, se han desarrollado varios tipos generales de sistemas para el control de la producción.

Los más comunes son:

1. Control por órdenes. Es el más común. Se usa para los sistemas intermitentes y de trabajo por lote. Los pedidos llegan a la fábrica en gran variedad de artículos y cantidades. Debido a esto, la P. y C. de P. debe basarse en órdenes individuales. Volvaremos sobre el.
2. Control del flujo. Se utiliza para sistemas continuos (industria química, la petrolera y cualquier producto fabricado en cantidades masivas). En este caso se traza una ruta para el proceso y se hace la planeación cuando se hace la disposición de equipos. O sea que se establece una línea de producción balanceada. El Departamento de P. y C. de P. controla el flujo del trabajo dentro del sistema. Como es muy común, lo analizaremos más en detalle.
3. Control de bloques. Lo encontramos en la industria textil, la industria editorial de libros, etc. - La razón básica es que debemos mantener las cosas separadas. Por ejemplos en la industria de la confección de ropa, debemos mantener las partes componentes separados por talla y estilo. Por lo tanto, el Sistema de Control típico implica trabajar en un bloque de -

varias unidades de mangas, frentes, espaldas, cuellos, etc. O sea que es posible cortar quizás un lote de 50 espaldas, puños, cuellos, etc., todo de una vez. Entonces este bloque se traslada a una operación de ensamble en donde son cosidos, y así continúa el proceso, manteniendo constantes el color, la tela, el modelo, en el mismo bloque.

En el campo de los libros y revistas, es esencial el control por bloques para evitar mezclar las páginas o colocarlas en una secuencia equivocada.

4. Control de Proyectos Especiales. Si tenemos trabajos que son especialmente costosos o laboriosos para terminarlos, tales como la construcción de un puente, un reactor, un horno grande, obras de ingeniería civil, etc. se instituye este tipo de control.

En vez de tener conjuntos de formas elaboradas para la ruta y la programación, un hombre o un grupo se mantienen en estrecho contacto con el trabajo. Por ser especialmente importante y común, lo hemos incluido como un tema aparte en este curso.

Antes de pasar a analizar en detalle cuales son las etapas de un sistema de control por órdenes o por flujo, es conveniente aclarar un poco más el concepto de producción intermitente y producción continua.

Producción Intermitente: Principales características.

1. Maquinaria de propósito general

2. Equipo de movimiento de materiales de trayectoria variable ó general.
3. Producción de lotes pequeños con gran variedad de productos.
4. Producción basada en órdenes de venta.
5. Menores costos para lotes pequeños.
6. Menores inversiones en activos fijos.
7. Mayor flexibilidad en la producción.

Ejemplos: Talleres mecánicos en general, fábricas de anuncios publicitarios, contratistas de edificios, etc.

Producción Continua: Principales características.

1. Menores costos para lotes grandes.
2. Menor movimiento de materiales. Equipo automático y mecanizado.
3. Costos de inventarios menores por unidad de producción.
4. Mayor rendimiento del espacio por unidad producida.
5. C. y P. de P. Simplificado. - Menor necesidad de órdenes y controles. Secuencia lógica.

Ejemplos: Fabricación de automóviles, artículos alimenticios enlatados, artículos electrodomésticos, fábricas de papel, cemento, etc.

PLANEACION Y CONTROL DE LA P. EN SISTEMAS INTERMITENTES: (Control por órdenes).

Las actividades de la P<sub>i</sub> y C<sub>i</sub> de la P. están basados en los órdenes y están dirigidos por el uso de números de órdenes. Cada pedido tiene un número durante

todo el proceso.

Cuando se recibe el pedido, el departamento de P. y C. de P. deberá determinar:

1. Las materias primas y las partes necesarias para cumplir el pedido.
2. Las operaciones que se requerirán.

El primer punto puede ser resultado de un análisis de ingeniería o pueden tomarse de una lista maestra de materiales, si se la ha hecho antes.

Se elabora entonces la lista de materiales que deberá incluir:

1. Nombre y número del producto.
2. Materias primas requeridas y sus cantidades.
3. Especificaciones (dibujos, heliográficas, etc.)
4. Número de orden y número de piezas a fabricarse.

El segundo elemento que se recibe de ingeniería es la hoja de ruta. Esta contiene el orden de los pasos u operaciones que se requieren para completar la orden.

Además indica el tipo de máquina, las herramientas necesarias, y el tiempo de operación.

Un ejemplo de Hoja de Ruta es el siguiente:

HOJA DE RUTA										
Orden No. _____	Fecha Inicio _____	Fecha Iniciación _____								
Pieza # _____	de Piezas _____	% Defectuosas _____								
Material _____	Entrega en _____	Materias Primas _____								
Of.	Operación	Máquina	TIEMPOS				FECHA		Inspec.	Observac.
			Prep.	Maq.	Lote	Total	I	T		
1	Cortar Láminas	Cizalla								
2	Cortar Circulos	Cortadora								
3	Agujerear	Presna								
4	Rebabeear	A mano								
5	Etc.									

Una vez que se tiene lo anterior comienza la Programación Cronológica. Esto implica determinar los requisitos de tiempo para realizar cada trabajo.

Es recomendable trabajar en forma retrogresiva, es decir, a partir de la fecha en que debe entregarse el producto y avanzar hacia el principio. Para formular el programa es necesario contestar a otras preguntas. ¿Cuál es la capacidad de Producción?, ¿Cuál es la carga de máquinas actual?, ¿Qué tiempo se requiere para mover materiales entre los diferentes centros productivos?, ¿Qué tiempo se deberá asignar para inspección?, ¿Qué materias primas hay en el almacén y cuánto tardan en conseguirse las que faltan?, ¿Cuáles son las prioridades de fabricación?.



Una vez que hemos contestado a estas preguntas es posible comenzar a establecer fechas. El procedimiento más común para esto son los gráficos de GANTT que pueden fabricarse en forma manual o con tableros comprados.

Veamos la forma que toma un gráfico Gantt para la construcción de un galerón.

Días	1 a 7	8 a 15	16 a 23	24 a 31
Actividades				
Movimiento de tierra	█			
Excavación	█	█		
Fundación		█	█	
Estructura			█	
Recubrimiento			█	
Pintura			█	█
Electricidad				█

El paso siguiente es la Expedición. Esto es la emisión de las órdenes de trabajo que pasarán al taller. Los datos que contiene una orden de trabajo son bastantes parecidos a los de las hojas de ruta. En algunos casos la orden de fabricación tiene datos escuetos: cantidad a producirse y fecha de entrega. El encargado de producción decide en este caso en que máquinas se hace el trabajo, con que gente y demás detalles de implementación. Es decir que el encargado de producción hace la programación final.

Esto a dado origen a lo que se llama Expedición Descentralizada (que es este último caso) o la Expedición Centralizada (que es cuando P y C de P indica todos los detalles).

Junto con las órdenes de producción, deberán emitirse otras como requisiciones de compra, movimientos de materiales, herramientas, etc.

Todas las actividades mencionadas hasta aquí son en realidad de planeación. Una vez emitidas las órdenes comienza la fabricación y se presenta la necesidad del Control.

Estas actividades de control se conocen con el nombre de continuidad de la producción. Consisten esencialmente en comprobar que las cosas se están haciendo de acuerdo a lo planeado y aplicar medidas correctivas en caso de desviaciones.

Lo fundamental en esta etapa es el establecimiento de un Sistema de Comunicaciones adecuada. Estas comunicaciones incluyen reportes sobre las órdenes terminadas, interrupciones, ausentismo, desperdicios, inspección, inventarios actualizados, etc.

Se adjunta un formato que ejemplifica un reporte de tiempo perdido.

Resumiendo: La p y C de P, de los sistemas intermitentes requiere:

- 1) Análisis de las órdenes para determinar lista de materiales y la hoja de ruta.
- 2) Reunir la información necesaria para poder elaborar los programas cronológicos.

- 3) Despacho de órdenes y comienzo de la producción.
- 4) Actividades de continuidad para ver si los planes se llevan a cabo. En caso contrario se deberán aplicar las medidas correctivas del caso.

#### P y C. de P. en Sistemas de Producción Continua: (Control del Flujo)

En este caso las actividades de planeación y control son mucho más sencillas. No se preocupan por la ruta, ya que la misma ha sido determinada al diseñar la planta.

El arreglo del equipo está basado en productos estandarizados, y las máquinas se colocan en secuencia. Las máquinas están conectadas con dispositivos de trayecto fijo para el movimiento de los materiales. Incluso el despacho de órdenes a los trabajadores se reduce mucho pues los mismos no ejecutan una pluralidad de trabajos, sino que hacen tareas especializadas día tras día.

Básicamente, la función de la planeación de la producción comprende la determinación de cuantas unidades producir de los artículos estandarizados para almacenamiento o para pedidos futuros. Una vez hecho el pronóstico, enfrentaremos el problema de mantener suficiente materia prima y suministros para mantener funcionando el sistema.

La función que antes llamamos Despacho se convierte aquí en emisión de volantes de producción que indican el número de unidades que deben fabricarse en un pe-

riodo dado. Estos volantes van al responsable de la producción en vez de ir a los supervisores y / o trabajadores.

La función del control de la producción está dirigida hacia el mantenimiento del ritmo del flujo de la producción, de manera de producir el número requerido de artículos.

Estos sistemas se caracterizan por un gran volumen de producción y, por lo tanto, el control de inventarios adquiere mucha importancia y puede ser responsable del departamento de P y C de P.

Si este es el caso, la gente del departamento dedica una gran cantidad de tiempo en mantener los inventarios y este punto lo veremos en otra parte del curso. La función primordial en este campo es lograr una buena rentabilidad del capital puesto en inventarios.

Resumiendo podemos afirmar que la P y C de P. en los sistemas de producción continua es más sencillo que en los sistemas intermitentes. Comprende fundamentalmente dos actividades.

1. Disponer de materias primas y suministros para mantener abastecido el sistema y asegurarse de que los productos terminados sean sacados del sistema de producción.
2. Mantener el ritmo del flujo de producción de manera que el sistema pueda funcionar hasta casi cerca de su capacidad máxima.



**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

CURSO DIRIGIDO AL PERSONAL PROFESIONAL DE FORD  
MOTOR COMPANY, S.A.

"CONTROL DE INVENTARIOS"

PROF. ING. ENRIQUE GALVAN AREVALO

OCTUBRE, 1981.

## VOLKSWAGEN BUSCA UN IMPULSO DISTINTO

El era el hombre quien pensó en el bicho -y en algo más avanzado que eso. Pero no le dieron el tiempo suficiente para pensar sobre él. Tres años y seis meses después de subir al trono de la Volkswagen A. G., el Jefe Industrial más alto de Alemania renunció a su puesto. De haber esperado diez días más, el Dr. Kurt Lotz hubiera sido despedido de la presidencia de VW. Irónicamente, Lotz se iba justo cuando la compañía estaba por celebrar un suceso histórico: 1972 es el año en el que el bicho VW derrotará al Modelo T de la Ford, como el carro de mayor producción en la historia, con más de 16 millones fabricados.

La aventura de Lotz fué el surgimiento y decadencia más rápida de cualquier titán moderno, una historia llena de sonidos y furia, simbólica de los tiempos agitados que están atravesando las industrias automotrices mundiales, de Europa y Alemania. -con la competencia japonesa, la invasión de Nader, el valor flotante de la moneda, las cruzadas para la seguridad, el control de la contaminación, la inflación, problemas laborales y otros cientos de termitas menores que socavan a nuestra civilización industrial, sin contar los millones de bichos VW que han sido fabricados durante los últimos 35 años.

Kurt Lotz nació en una granja hace 59 años, trabajó arduamente para graduarse de bachiller, se convirtió en teniente de la fuerza policiaca y más tarde en Mayor del Ejército. Después de la II Guerra Mundial trabajó como peón agrícola antes de entrar a la compañía eléctrica Brown Boveri. Asistió a la escuela nocturna y pronto se identificó como el "mago financiero" de la compañía, lo cual le valió un ascenso hasta la posición más alta en 1958, fecha en que se convirtió en el presidente de la Brown Boveri. Nueve años más tarde, al buscar la VW un heredero para el trono de su ya viejo presidente, el Prof. Heinz Nordhoff, Kurt Lotz fué elegido para el trabajo. El 10 de junio de 1967 se convirtió en el Vice Presidente Ejecutivo de VW. Llegó a la cima en abril de 1968 al morir Nordhoff, y renunció el 13 de septiembre de 1971, continuando la herencia de un mito -la fuerza y prosperidad de VW.

La renuncia de Lotz -una decisión dramática tomada a las tres de la mañana en su casa con su esposa e hijos a su lado, después de una serie de llamadas telefónicas de último minuto e intentos para organizarse en contra de sus censores y oponentes -colmó una crisis que aún falta ho para que termine.

Todo había comenzado unos cuantos meses antes, cuando en una de las principales revistas de Alemania apareció un corto pero explosivo encabezado: "VOLKSWAGEN - LOTZ OF TROUBLES"... Esto fué sólo el principio de una campaña para deshacerse de Lotz, y los oponentes estaban dispuestos a censurar al Jefe de la VW en lo que fuera necesario.

Fue una rifa brusca, violenta y muchas veces sucia. La página era, o parecía ser, una discusión objetiva sobre los problemas de la VW y los errores de Lotz. La verdadera batalla sin embargo, era principalmente política.

"Su verdadero error", dijo un observador neutral, "fue que Lotz aceptara el puesto. Estaba destinado a perder"

Cuando Lotz tomó el puesto de Nordhoff, VW era la cuarta fábrica de automóviles del mundo, la empresa industrial líder en Europa y todavía producía gruesos dividendos y muchas esperanzas. Pero tanto los miembros como Lotz sabían que la VW no era más que un gigante con pies de arena. Lo que tal vez fuera peor, era un gigante que "roncaba".

Mientras que los demás fabricantes europeos estaban trabajando fuerte y rápidamente para extender sus líneas, la VW era el último fabricante que todavía llevaba una sola línea. El escarabajo -un producto de la cosecha Hitler-Porsche de 1935 era casi el único carro en que podía respaldarse la VW, junto con unas cuantas variaciones del modelo que Nordhoff había puesto en producción sin desarrollo y con muy poco éxito. El "talento ejecutivo" era escaso en Wolfsburg donde Nordhoff había sido el único gobernante por 20 años. La mayoría de los altos directores estaban llegando a la edad de retirarse. Los ingenieros estaban dormitando sobre los laureles del escarabajo. La investigación y el desarrollo eran cosas para de vez en cuando.

Cuando entró Lotz, comenzó a moverse rápidamente. Previó las tormentas inminentes. VW ya estaba vendiendo unos 500 mil carros por año (1/3 de su producción total) en los Estados

\*Lots of troubles - se traduce como cantidad de problemas, fonéticamente es idéntico a LOTZ OF TROUBLES.

Unidos. Este éxito descifraba peligro. La competencia japonesa se estaba desarrollando. La Ford estaba por lanzar el Maverick, y los que poseían información de primera mano, sabían que algunos carros aún más pequeños de Estados Unidos - el Vega y el Pinto - habían alcanzado ya la etapa de prototipo. Nader había lanzado sus primeros ataques contra el bicho. Más y más voceros en los Estados Unidos estaban pidiendo medidas protectoras contra la corriente de importación, y la importación, más que otra cosa, significaba Volkswagen. Por otra parte, en Europa, la posición del VW era relativamente débil, con el Fiat manejando la situación.

Lo primero que hizo Lotz fue inyectar sangre nueva y más joven. Cuatro meses antes de que Lotz se convirtiera en Presidente, la edad promedio del cuerpo ejecutivo era de 62. Seis meses después, había bajado a 47. Entre los "vencidos" se encontraba Frank Novotny, que había sido Jefe de Producción bajo Nordhoff y miembro del consejo de la VW. Novotny juró que se vengaría de Lotz. Y lo hizo, tres años después junto con algunos otros.

Lotz llamó a una compañía consultora de los Estados Unidos para formular un nuevo organigrama - y con esto hizo más enemigos en la suite ejecutiva de VW. Entre sus oponentes futuros estaba Carl H. Hahn, uno de sus ayudantes más cercanos, antiguo Jefe de Volkswagen de América, ahora encargado de las ventas de la corporación. Cuando Nordhoff estaba por retirarse, Hahn tenía esperanzas de obtener su posición - y los miembros de Wolfsburg dicen que pudo haberla obtenido si se hubiera casado en ese entonces con la hija de Nordhoff. Pero éste tenía otros planes de casamiento, así que Lotz fue el privilegiado. Hahn también estaba dispuesto a vengarse de Lotz, de presentarse la ocasión. Había otros; el Jefe de Finanzas, Friedrich Thome, tampoco estaba de acuerdo con el estilo de Lotz.

Entre los círculos informales de los miembros, se oía murmurar: "La dicen el director general. Es un general claro, - mucho más de lo que es director".

Las cosas no eran fáciles para Lotz, como lo admitió más tarde. Una vez me dijo: "El problema era reducir el valor relativo del escarabajo en nuestro programa global de producción. Pero encontré muy pocos prototipos listos para la producción en el departamento de investigación y desarrollo de Wolfsburg. Tuve ninguna otra alternativa que moverme rápidamente, usando lo que se encontraba, donde lo pude encontrar".

En Wolfsburg, encontró el VW 411, que ya estaba preparado -- cuando tomó posesión de la compañía. El nuevo carro fue lanzado unos cuantos meses después, a finales de 1968. La meta era producir 1,000 unidades por día, la producción total es de sólo 400.

Lotz falló en la promoción de una política de modelo apropiada: decían los críticos cuando trataban de arrojarlo del puesto. Pero Lotz no tenía nada que ver con el 411, y su responsabilidad es limitada en lo que se refiere a otros carros VW recientes.

Toma aproximadamente 4 años desarrollar productos nuevos partiendo de proyectos, y los primeros proyectos originales de Lotz no saldrán al mercado hasta finales de 1972. Será necesario esperar hasta 1974 para que la política de modelos personal de Lotz en conjunto pueda apreciarse realmente. Ha sido el "chivo expiatorio", tanto por lo que Nordhoff no preparó a tiempo, como por cualquier fracaso resultante del departamento de ingeniería de Nordhoff bajo Lotz.

Lotz sabía que algunos de los productos que él estaba a punto de lanzar difícilmente sorprenderían al mundo. Pero necesitaba un programa - relámpago. No había manera de decir si sí o si no y cuando se derrumbaría el mercado del escarabajo en Estados Unidos y la VW debía estar lista para ofrecer substitutos, aún y cuando algunos podrían fallar como super-generadores de dinero.

Así que Lotz se adentró en una serie de aventuras costosas - destinadas a la diversificación rápida. El VW-Porsche 914, - también un proyecto anterior a Lotz, salió al mercado como un detonador de imagen - y explotó. Lotz compró la enfermería NSU junto con sus pérdidas (el económico "Prinz" y el Ro 80 - con su máquina rotatoria), para poder usar el prototipo K 70 listo para producirlo y fabricarlo bajo la división VW. También hubiera comprado Citroën, antes de que la Fiat decidiera hacerlo, si esta compañía francesa hubiera podido darle a Wolfsburg un prototipo operacional para ser lanzado también como un Volkswagen.

Por supuesto, todo eso fue planeado con prisa y muy poco económicamente. Era un programa relámpago, y bastante costoso. Ayudó a la VW a superarse, pero iba a costarle millones de Marcos Alemanes y a Kurt Lotz su trono.

Había abierto camino haciendo a un lado a unas cuantas gentes e hirió muchos sentimientos. Los accionistas de

taban enojados por la manera en que había tomado su compañía y sobre todo, por la compensación insuficiente que había ofrecido. Los 900.000 accionistas de VW (y casi 200.000 empleados) comenzaron a temblar cuando salió a relucir la noticia de que las utilidades, estaban bajando continuamente. Era el tiempo apropiado para una campaña abierta en contra de Lotz. Comenzó en mayo pasado, y la revista semanal líder de Alemania, Der Spiegel, iba a probar que tenía más fuerza y amigos que la industrial número uno de Alemania. Fue fácil probar que VW tenía problemas. Mucho más fácil que la tarea de Lotz cuando trató de convencer al público de que las pérdidas actuales podían prepararse para un futuro más brillante y que los desperfectos actuales no eran por su causa.

Junto con la crítica a las políticas de modelo de Lotz, vinieron una serie de números alarmantes:

- 1) Las utilidades bajaron 42% en 70, de \$90 millones de 1969 a \$57. Algunos expertos predicen que VW puede estar en rojo en 71, y un miembro del consejo de VW, el líder sindical Otto Brenner, llegó tan lejos como para decir que la situación era "catastrófica".
- 2) El pago de impuestos de la VW bajó de casi 600 millones de MA en 1969 a 293 en 70 -lo suficiente para convertir la crisis en un "problema del gobierno".
- 3) El VW abarcaba un 11.6% de las ventas de carros y camiones fuera de los Estados Unidos y Canadá en 1965, su penetración en el mercado mundial bajó hasta el 9.9% en 1971, detrás Fiat (11%) y Toyota (10.3%).

Pocos analistas y ninguno de los oponentes de Lotz, por supuesto, se molestaron en declarar lo que estaba sucediendo a otros fabricantes de carros alemanes, y pocos notaron que las ventas de grupo actuales de la VW habían subido un 13% en 1970. Sin embargo, es un hecho que el Opel -la subsidiaria de GM- reportó una baja en utilidades de un poco más del 42%, igualándose a la VW, mientras que las ganancias también bajaron en el BMW (25%), Daimler Benz (10.5%), y el Ford de Alemania (10%).

Además de la falta de la mezcla adecuada de modelos, las razones para la desventura de la VW son bastante obvias:

- 1) La revaluación del Marco del 9.3% a finales de 1969 costó a la VW \$65.6 millones en 70, ya que era imposible

que la compañía transfiriera todo el peso de esta revaluación a sus clientes -en contra de la poderosa competencia europea y japonesa.

- 2) El costo de material y mano de obra, que actualmente están subiendo en Europa a razón del 1% mensual, le costó a la VW otros \$145 millones el año pasado. Los costos de materiales y mano de obra de la compañía, dice Lotz, han subido un 17% este año en comparación al año pasado.
- 3) Con la actual emisión de monedas, cada punto de ventaja que suba el marco contra la paridad oficial Marco/Dólar, costará a la VW \$19 millones por año. Tal como están las cosas, esto podía llevar a un mayor descenso en las utilidades hasta casi los \$200 millones en 1972.
- 4) El lanzamiento de carros nuevos, como el K 70, que usa los componentes existentes, ha añadido más peso al programa de inversión de capital de la VW. La compañía gastó \$100 millones en Salzgitter, donde se fabrica el K 70 a una tasa modesta de 500 unidades diarias. La inversión total casi se ha triplicado en tres años.
- 5) A pesar de los altos réditos de la licencia del Wankel y las exitosas ventas del Audi, la división Audi-NSU sufrió pérdidas por más de \$12 millones en 1970.
- 6) Debido a un error básico en el Departamento de Ingeniería hubo que retirar 200,000 super-escarabajos 1302 con un alto costo por consumo excesivo de gas y alambrado defectuoso.

Suma a estos factores los altos gastos por investigación en seguridad y anti-contaminación, y tendrá que admitir que el cuadro en la VW es difícilmente color de rosa. Si Lotz merece todas las acusaciones y la ruda campaña que se desató contra él, es otra pregunta.

El hecho es que sus oponentes -dentro y fuera de la VW- tenían la suficiente información en mano para hacer aparecer a su presidente como si este debiera volver al jardín de niños en lugar de tratar de dominar el imperio industrial más grande de Alemania.

Lotz falló obviamente en reconocer la fuerza de sus críticos. Cuando nos reunimos el verano pasado en su suite ejecutiva, se rió de los reportes de prensa que le hacían aparecer como di-

rector incompetente, un loco derrochador y un jefe autocrático.

"Siempre supe que los años 1971 y 1972 serían duros", dijo Lotz, "pero están resultando ser mucho más rudos que lo que esperaba a causa de la revaluación del Marco Alemán y la inflación galopante. Sin embargo, nos hemos preparado para un futuro más brillante, y el mercado de E.U. ha confirmado -- nuestra creencia de que los carros pequeños producidos en Detroit no afectarán nuestras ventas. De lo contrario, han despertado más interés en los carros económicos. Estamos -- manteniendo nuestra posición a pesar de la creciente competencia japonesa y norteamericana".

Pero la batalla en Alemania era de índole política y Lotz encontró que no se pueden ganar todas. La historia es lo suficientemente sencilla. El grupo ejecutivo de VW está bajo el control de un Comité de 21 supervisores. El Gobierno Federal y del Estado de Saxonia Baja poseen el 36% del capital de la compañía y controlan otro 4%, por lo tanto 11 de los 21 miembros del consejo, representan al sindicato de trabajadores y al gobierno.

Mientras que Lotz es un liberal demócrata cristiano confeso, ambos gobiernos involucrados están ahora dominados por los Socialistas, SPD -- lo cual significa que ahora prevalece en el Comité Supervisor de la VW una mayoría política izquierdista. Esta mayoría permaneció en silencio mientras que el negocio fue bueno, al igual que los oponentes de Lotz en el grupo ejecutivo. Comenzaron a moverse en contra de Lotz el verano pasado, cuando sintieron que el caso en contra del presidente era lo suficientemente fuerte como para declararle la guerra.

La Batalla abierta fue declarada cuando el comité ordenó a Lotz que empleara un nuevo director de personal, Peter Frerk, de 41 años, abogado de Hanover y miembro del Consejo de la Ciudad, Frerk, representante de los intereses de los trabajadores, tendría autoridad sobre todos los asuntos de personal, incluyendo el emplear y despedir a los altos ejecutivos, y su meta era aumentar a la larga el papel de los trabajadores organizados en la operación de la VW.

Cuando Lotz se opuso al movimiento comenzó la batalla. Primero pareció que ganaría. El problema principal de la coalición anti-Lotz era que no tenían un candidato sobresaliente para el trabajo que se opusiera a Lotz. Carl Hans, el Jefe de Ventas, de 44 años, había subido a través de VW de Norteamérica, pero muchos temían que no fuera lo suficientemente ma-

duro y también le faltaba experiencia en la fabricación.

Fue el mismo Lotz quien sin pensarlo dió a la pista a sus oponentes para el hombre que tal vez estaría mejor capacitado para su puesto cuando llamó a Rudolf Leiding para que dirigiera la división Audi-NSU el verano pasado. Lotz entonces dió eventualmente que iban a usar a su propio muchacho en su contra, y trató de promover a Leiding a una posición nueva -- en Wolfsburg, la de Vice-Presidente. Era demasiado tarde. Leiding dijo: "prefiero seguir siendo el No. 1 en Ingolstadt (la matriz de Audi-NSU) que ser el No. 2 en Wolfsburg. En realidad estaba listo para ocupar la posición más alta de la VW.

En un movimiento desesperado de último momento, Lotz fue a Bonn y se reunió con el Canciller Willy Brandt. Llevó consigo números, tablas y fotografías de prototipos que aún eran secretos. Brandt se quedó muy impresionado. Pero los que apoyaban a Leiding se habían movido por su cuenta. Hicieron que su candidato pasara una hora, con té y galletas, con el Ministro de Finanzas y Economía, Karl Schiller. Después de una larga plática --frente a frente-- la conclusión de Schiller fue inequívoca. Dijo: "este hombre está perfecto para el puesto".

Lotz iba a ser despedido el 22 de septiembre, pero escogió -- mejor renunciar 11 días antes. El ejecutivo mejor pagado en Alemania (180,000 anuales) estaba fuera de su trabajo. Una declaración del comité --redactada después de largas negociaciones telefónicas con el mismo Lotz --informó al mundo que -- no se debía culpar a Lotz por erosionar las utilidades y por una política de modelos inapropiada. Su terminación se debía a "malos entendidos en otros aspectos".

El 10. de octubre de 1971, 26 años después de haber comenzado su carrera en VW como mecánico, Rudolf Leiding llegó a la suite ejecutiva para convertirse en el tercer monarca de Wolfsburg, después de Nordhoff y Lotz.

Curiosamente, el hombre escogido para reemplazar al "autoritario" Lotz es tal vez más autocrático que su predecesor. -- Lotz, un antiguo campeón de decatión de 6'4" de altura; dejó su lugar en un obstinado luchador de hombros anchos y 200 -- lbs. de peso. Los miembros llaman a Leiding una "persona tã naz" y ciertamente merece su reputación. Dejó al ejército -- como teniente. Su primer trabajo en Wolfsburg, al terminar la guerra, fue el de dar servicio a los vehículos del Ejército.

to Inglés. Cuando Nordhoff comenzó a reconstruir las ruinas de la fábrica en Wolfsburg, Leiding fué escogido para establecer la primera línea de ensamblaje utilizando las partes que se pudieran recuperar. Tuvo tanto éxito que Nordhoff lo promovió a ingeniero y lo envió a Norteamérica para organizar la primera red de servicios de la VW. De ahí en adelante, Rudolf (Rudi) Leiding se convirtió en el hombre favorito en la organización para ocupar puestos críticos.

Regresó a Wolfsburg en 1960 para ser enviado a Kassel, donde estableció una planta de abastecimiento partiendo de la nada e inició la operación de la nueva fábrica y sus 14,000 empleados.

Cinco años después, cuando Nordhoff compró la decayente Auto Union, envió a Leiding como gerente general y lo comisionó para que enderezara las cosas en Ingolstadt. Le tomó a Leiding 3 días restablecer la disciplina y la moral, y bastante más para demostrar quien era el jefe: se paraba en la entrada principal todos los días a las 7 para vigilar a los que llegaban tarde -una técnica que usaría después en otras fábricas con éxito. En su primer reporte a Nordhoff, una semana después de tomar el puesto, Leiding reportó con orgullo: "los tengo trabajando".

Leiding, fabricante de fortunas, se las ingenió para deshacerse de 28,000 carros obsoletos y no vendibles enviando a los jefes de oficina a la calle con estas instrucciones: "Desháganse de ellos a cualquier precio". Los empleados los vendieron a sus familiares y amigos. Leiding estableció medidores de eficiencia y planes de incentivos en todo el lugar. Por las noches, después de cerrar la planta, caminaría por la fábrica con una cámara y tomaría fotos de cada área de trabajo que pareciera ineficiente o desordenada. Al siguiente día enviaría las fotos a los jefes de departamento -con su firma y sin comentarios.

Le llevó un año reducir los costos de producción un 34% y tener una utilidad de 2.2 millones de MA. Trabajaba más duramente que cualquier otro en la compañía, pasando noches en los departamentos de investigación y diseño, conduciendo a sus ingenieros a un paso agotador. Desarrolló el prototipo para el Audi 100 sin decir nada a Nordhoff sobre el proyecto. El jefe de la VW descubrió el nuevo carro en un viaje de inspección a Ingolstadt. "Esperaba que me despidiera", recuerda Leiding. Nordhoff revisó intensamente el carro, y dijo:

"Tienes un largo camino, Leiding, sigue adelante y construyelo".

Rudolf Leiding no tuvo oportunidad de presenciar su propio éxito en Ingolstadt. En julio de 1968 obtuvo otra asignación crítica: fué enviado a Sao Paulo, Brasil, como presidente de la subsidiaria de VW. Pasaba horas en la línea de ensamble realizando los trabajos más duros junto con los obreros tratando de demostrarles cómo deberían hacerse las cosas y a qué ritmo. En un año dobló la producción diaria, de 600 a 1,200 carros.

La planta iba a producir los modelos desarrollados en Wolfsburg. Leiding avisó vagamente a la matriz que "adaptaría" los productos alemanes al gusto brasileño y procedió a diseñar carrocerías completamente nuevas. Una versión de Leiding del VW sedan 1,600 fue escogida como el "carro del año" en una demostración de carros en Sao Paulo, y el próximo verano se producirá en masa un nuevo VW sport basado en el mismo modelo.

De nuevo, Leiding no tendrá oportunidad de presenciar el éxito de sus modelos. Lotz lo llamó de nuevo y lo nombró presidente de Audi-NSU con instrucciones de encarrilar de nuevo a la división. Apenas había comenzado el trabajo cuando heredó el propio puesto de Lotz -y los problemas.

Si Leiding tendrá tanto éxito en el último paldaño de la escalera VW como anteriormente, es cuestión únicamente de esperar. Al menos tiene tres ases en la manga.

Primero: fué escogido por el comité de supervisores de Wolfsburg como un director "políticamente neutro" y tendrá todo el apoyo de los miembros -en la VW y en el gobierno- ahora que es claro que la corporación está en problemas y que necesita un programa relámpago.

Segundo: es conocido como un defensor del trabajo en grupo. Su primer movimiento fue escoger dos asistentes (que casualmente eran dos de los principales oponentes de Lotz) y establecer claramente sus responsabilidades. En el área de finanzas Friedrich Thomás, y en ventas y comercialización Carl Hahn. Con un movimiento sorpresa empleó a uno de los ejecutivos más prometedores de Alemania en la industria automotriz, Klaus Amedick de 45 años, quitándolo de Ford (donde era Director de Finanzas) para convertirlo en Director Administrativo de VW bajo Carl Hahn.



Su tercer punto, y tal vez el más importante, bien puede ser el que haya heredado cualesquiera de los prototipos que Kurt Lotz empezó a desarrollar. -y lo más seguro es que algunos de ellos serán bastante diferentes a los fracasos pasados de VW. Dos de ellos parecían ya maduros para ser fabricados en 1972 con un número mayor para 1973 y 1974.

El éxito más cercano y apreciado de Lotz bien pudo haber sido un pequeño y económico VW que entrara en línea junto con el ya viejo bicho.... hasta que Leiding decidió tirarlo todo y cancelar las órdenes para armarlo que ya había dado Wolfsburg. La pérdida de la compañía en gastos de investigación y desarrollo está calculada en más de \$50 millones. El VW-266 nacido -muerto no se pretendía que reemplazara al carro VW de hace 35 años -el cual todavía tiene un largo camino -- por recorrer en los países sub-desarrollados, si es que no en el mundo occidental- pero se esperaba que robara parte -- del negocio a éste y que posiblemente ganara parte del de la competencia. Aún más importante fue el hecho de que este -- nuevo vehículo cumplirá con todas las normas de seguridad de E.U. en 1975, que el bicho actual tal vez no sea capaz de -- cumplir.

El carro nuevo (que corrió como el prototipo No. 266) fue desarrollado a partir de la nada por el departamento de ingeniería de Porsche, con muy poca ayuda de Wolfsburg. Porsche fue tan lejos que cambió la estructura de la dirección en el otoño para apresurar el desarrollo y prueba del prototipo: - el sobrino de Ferry Porsche y antiguo ingeniero de pruebas -- Piech, fue colocado a cargo del "desarrollo de proyectos para clientes".

El VW 266 es diferente a todos los dogmas del VW. Es un carro con motor de 4 cilindros super-plano con árbol de levas a la cabeza colocado al centro de la carrocería bajo el -- asiento posterior y adelante del eje trasero. Está enfriado por agua, siendo la capacidad básica de la máquina de 1.3 litros, pero se podrían desarrollar versiones más potentes, -- hasta de 2 litros.

Nuestros informantes nos dicen que esta máquina no sólo está ha siendo probada con el prototipo VW 266 sino que, también, debajo de cofres diferentes. (principalmente aquéllos del K 70).

La idea toda la intención de utilizar el uso de su herra-

mental lo más posible en el futuro, y la máquina nueva sólo será producida si puede ajustarse en series de diferentes modelos de los VW -tanto existentes como futuros.

El mayor problema es que algunos técnicos de Wolfsburg todavía se oponen al concepto de la máquina media, especialmente para un carro de producción masiva: su principal objeción es que es bastante difícil que los mecánicos puedan llegar a la máquina, y que el servicio debería hacerse lo más fácil posible. Se cree que Lotz ya estaba listo para seguir adelante con el prototipo y que ya había ordenado el herramental para su producción. Pero Leiding dió la última palabra. En menos de tres semanas después de moverse a Wolfsburg, canceló el proyecto. Ahora que decidió no poner en producción el prototipo Porsche, bien puede utilizar lo desarrollado en otro prototipo "listo para producción" por parte de Audi. -- Lotz había estado planeando producir tanto el VW como el Audi para tener mayor competencia entre las dos divisiones de la corporación. Ya que Leiding mantiene vigilancia permanente sobre el registro de efectivos (la caja registradora) de la VW, lo más probable es que decida producir solo el segundo de los dos, y todo mundo se pregunta bajo cual insignia - (VW o Audi) saldrá al mercado. También podría ofrecer el -- mismo carro bajo ambas insignias sin más variaciones que en la carrocería. De cualquier modo, el prototipo Audi está más cercano a su producción en masa que el proyecto VW nacido-muerto.

Es un diseño de tracción delantera que se denomina en los -- círculos internos como el Audi 50. El carro es compacto, -- muy parecido a las líneas Audi existentes, solo que es más corto. El cuerpo es ancho, bajo y bastante espacioso. Traerá una máquina de 4 cilindros en línea con árbol de levas a la cabeza, 1.3 litros, cuya capacidad podría aumentarse a -- 1.5 litros.

La carrocería del Audi 50 fue construída dentro del concepto de las "tres cajas", ya que la VW quería mantener la línea -- redonda en sus propios modelos.

El mismo carro, que está tan avanzado podría salir al mercado antes del verano a menos que Leiding cambie este plan. -- fue diseñado de tal manera que pudiera ajustarse después a una máquina Wankel, tal vez la que NSU y Citroën desarrollaron juntos y que comenzarán a fabricar en el próximo año el territorio de Sarre --para el carro pequeño con máquina

rotatoria Citroën a fines de 1973.

Los motores de Pistón que actualmente dan fuerza a los prototipos Audi se dice que producen entre 60 hp (1.3 litro) y 93 hp (1.5 litro). Las ruedas serán de 13 ó 14" de diámetro y estarán sostenidas por radiales de 165.

Leiding debería considerarse una persona afortunada con estos dos prototipos en mano; al darse uno cuenta de que Lotz no se encontró tal legado cuando se embarcó en su trágico matrimonio con la VW. Pero aún hay más; y sólo unos cuantos de los demás proyectos existentes se conocen, aún para los observadores bien informados.

Uno de estos proyectos es, por supuesto, el ESV de la VW (Vehículo Europeo de Seguridad) que posiblemente podría dar lugar a un escarabajo nuevo, un poco más largo y grande "orientado hacia los E.U."

Otro, es el carro de prestigio de Audi, una invención de 6 cilindros diseñado para competir con el Mercedes y el BMW, aunque el precio del carro deberá ser un poco más bajo que el de vehículos equivalentes de Stuttgart y Munich. El motor original será una unidad de 2.5 litros, cuya capacidad podrá elevarse después. Y, contrario a otros Audis, éste será un diseño convencional, con la máquina al frente y tracción en la popa. Con suspensión independiente de 4 ruedas; el carro debe de estar en producción a fines de 1972 cuando más pronto, pero más probablemente en 1973.

Los observadores también hacen apuestas sobre la intención de Leiding de usar unos cuantos de sus diseños brasileños en Wolfsburg, que podría ser una manera barata de renovar algunos de los productos viejos. El carro VW sport de Brasil comenzará a producirse a principios de 1972 y tal vez sea exportado a Europa, y posiblemente a Norteamérica, cuando se tengan suficientes unidades disponibles. Usa el chasis 1600 del VW y viene, ya sea con máquina de 1.6 ó 1.7 litros, produciendo 59 ó 81 hp, bueno para velocidades máximas de 85 y 103 mph.

Los distribuidores de VW en Alemania, quienes pidieron apoyo completo al nuevo jefe de Wolfsburg, entienden que el VW sport del Brasil bien puede ser producido en Wolfsburg, una posibilidad ya encaminada en las políticas de modelo previas de Leiding.

Lo que sí se puede esperar de Leiding es que haga estilos nuevos de carros viejos -la manera más barata y rápida hasta -- que pueda invertir en modelos realmente nuevos.

A pesar de lo que haga, sin embargo, lo llevará tiempo poder aflojar la cuerda en Wolfsburg. La VW está en problemas, al igual que cualquier gran fabricante europeo, excepto que el problema de VW es más profundo debido a la poca variación y aceptación de sus modelos; su dependencia excesiva en el mercado de E.U. y; las presiones del valor flotante de la moneda en Alemania -ahora un 20% más alto que hace dos años, en relación con el dólar.

Los competidores europeos están cruzando los dedos y esperan do que la VW se restablezca sin perder ninguno de sus negocios americanos.

Recientemente, Umberto Agnelli de la Fiat, dijo: "si la VW fracasa en los E.U. tendrá que inundar a Europa con sus carros. La competencia es buena, pero un carro económico podría significar asesinato. Además una retirada de la VW podría ser costosa para todos a través de sus efectos laterales".

Lo que sea bueno para la VW es obviamente bueno para Alemania, y lo que es bueno para Alemania es bueno para Europa -- también. Esta es la causa de que Rudolf Leiding el antiguo mecánico se haya convertido de pronto en el hombre más importante en el continente, industrial y económicamente. Un hombre a quien observar. 900,000 accionistas, 190,000 empleados, el Canciller Alemán y unos cuantos cientos de millones de europeos lo están observando.

## PRODUCCION DE LA VOLKSWAGEN

Oct. de 1936	Serie 30	3 prototipos
Mayo de 1937	Serie 30	30 prototipos
Agoato de 1937	Serie 60	30 prototipos
1938	Serie 38	100 unidades (primera produc.)
de 1941 a 1945	Serie 82	65,000 carros turismo militares
de 1941 a 1945	Serie 82	16,500 carros turismo civiles
de 1941 a 1945	Serie 38	500 sedanes
1945	Serie 21	713 sedanes
1946	Serie 11	9,878
1947		8,973
1948		19,244
1949		46,154
1950		90,038
1951		105,712
1952		136,013
1953		179,740
1954		242,673
1955		330,120
1956		395,211
1957		472,554

## VOLKSWAGEN VENDIDOS EN LOS ESTADOS UNIDOS

1948	0
1949	2
1950	157
1951	390
1952	601
1953	1,217
1954	6,344
1955	28,907
1956	50,011
1957	64,242
1958	83,976
1959	117,899

1960

140,000

ANEXO I

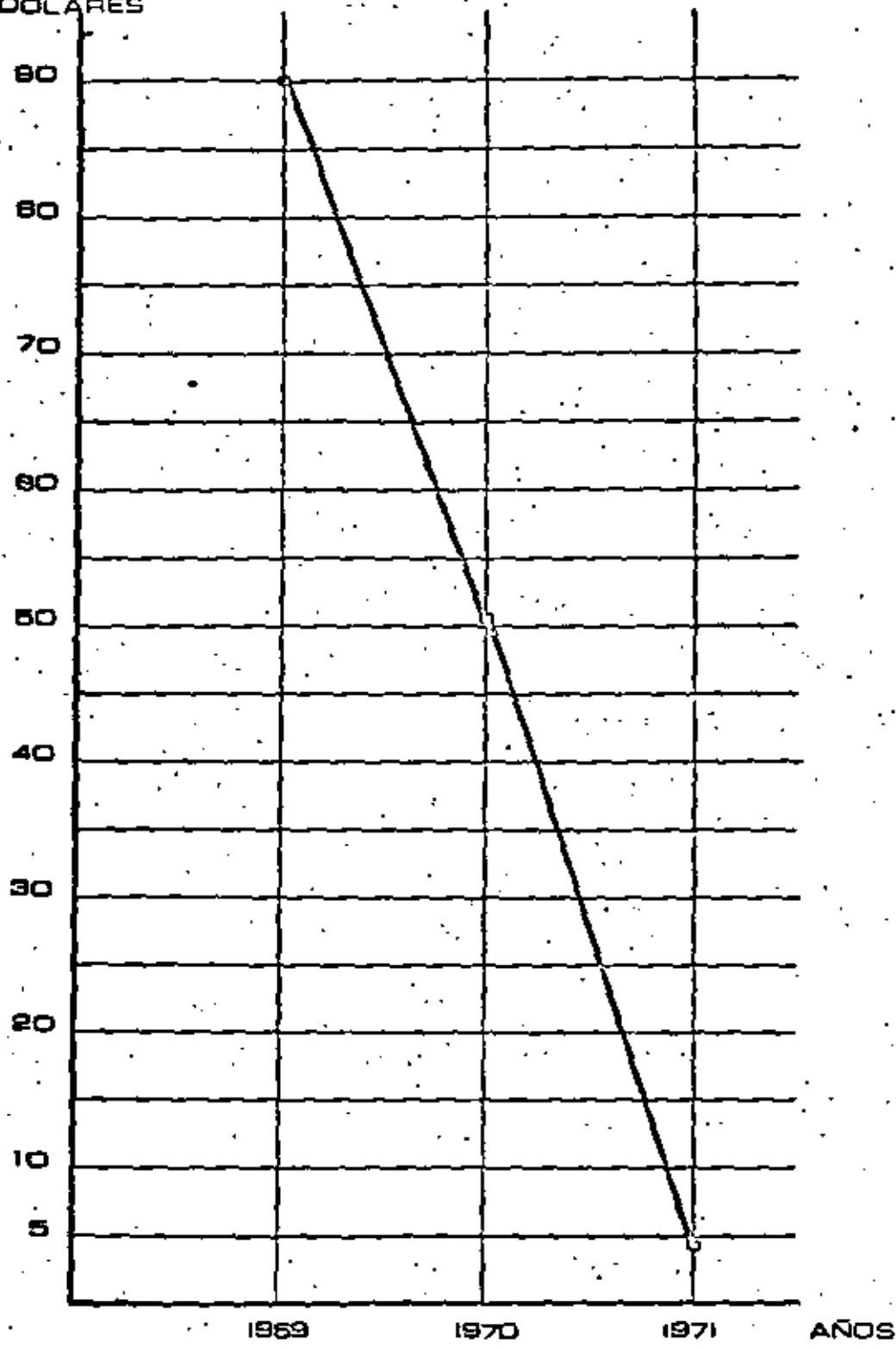
ESPECIFICACIONES BASICAS  
de 1939 a 1959

	1939 a 1944 Ejército Alemán	1945 a 1953 Producción inicial	1954 hasta hoy Modelo Actual
Calibre	2.75 pulg. (69.85 mm)	2.95 pulg. (74.9 mm)	3.03 pulg. (76.96 mm)
Carrera	2.52 pulg. (64 mm)	2.52 pulg. (64 mm)	2.52 pulg. (64 mm)
Cilindrada	61 pulg. <sup>3</sup> (999.6 c.c.)	68.85 pulg. <sup>3</sup> (1,128.4 c.c.)	72.74 pulg. <sup>3</sup> (1.92 c.c.)
Relación de compresión	8.1 a 1	5.8 a 1	6.6 a 1 +
HP a rpm	11.2 (A.W.A.)	24 a 3,300	36 a 3,700 (SAE)
Velocidad máxima	80 kph	105 kph	110 kph
Velocidades hacia adelante	4	4	4
Distancia entre ejes batalla {wheelbase}	2.40 m	2.40 m	2.40 m
Ancho máximo de vía	1.350 m	1.293 m	1.293 m
Altura	1.60 m	1.4986 m	1.4986 m
Peso, seco	724,841 k.	704,883 k.	709,872 k.
Frenos	mecánicos	hidráulicos	hidráulicos

ANEXO II

### GRAFICA DE UTILIDADES

MILLONES DE  
DOLARES





**DIVISION DE EDUCACION CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.**

**CURSO DIRIGIDO AL PERSONAL PROFESIONAL DE  
FORD MOTOR COMPANY, S.A.**

**"CONTROL DE INVENTARIOS"**

**OCTUBRE 28, 1981.**



SESION 1

INTRODUCCION A LA PLANEACION DE REQUERIMIENTOS DE MATERIAL

**PUNTO DE REORDEN PRODUCTO  
TERMINADO = 40**

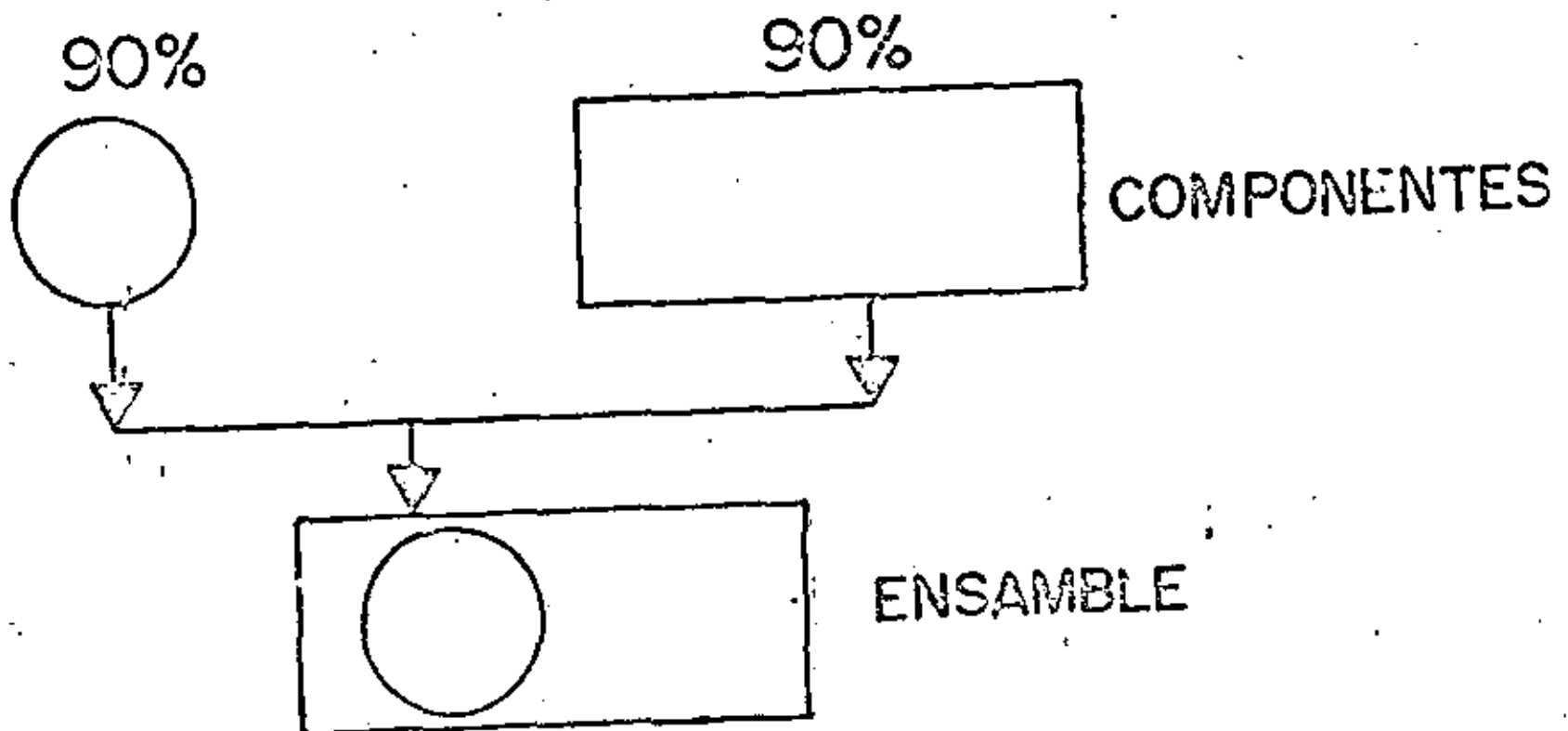
**CANTIDAD A ORDENAR  
PRODUCTO TERMINADO = 35**

<b>SEMANA</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
<b>DEMANDA PRODUCTO TERMINADO</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>20</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>6</b>
<b>INVENTARIO PRODUCTO TERMINADO</b>	<b>65</b>	<b>60</b>	<b>58</b>	<b>38</b>	<b>35</b>	<b>24</b>	<b>45</b>	<b>39</b>

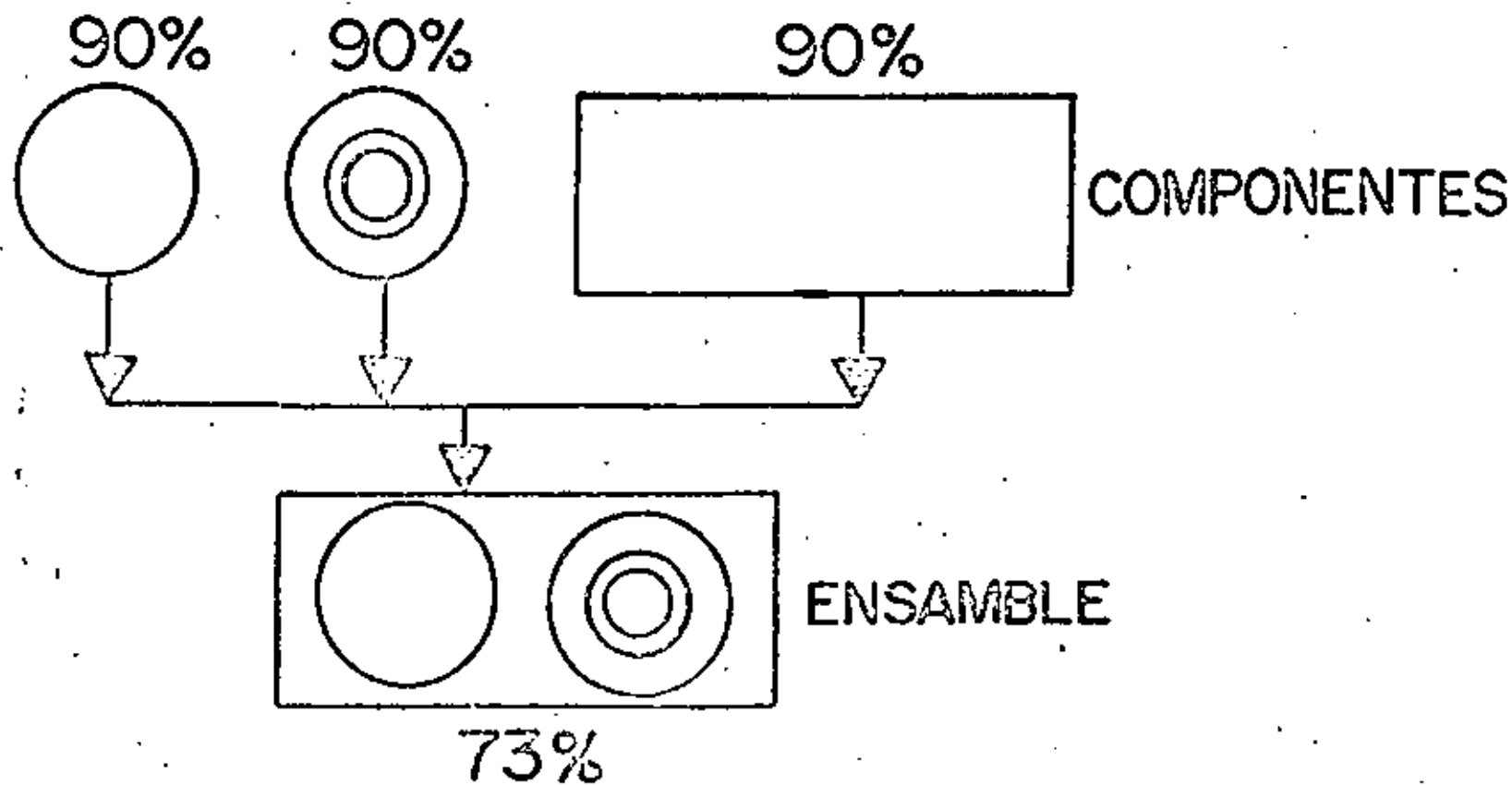


SEMANA	1	2	3	4	5	6	7	8
REQUERIMIEN- -TO DE COMPO -NENTES	0	0	0	35	0	0	0	35

<u>ARTICULO</u>	<u>Nº.DE SEMANAS SIN EXISTENCIA</u>	<u>SERVICIO</u>	<u>SEMANA NO DISPONIBLE</u>
1	3	94.3	11,12,13
2	1	98.1	52
3	2	96.2	30,35
4	0	100.0	-----
5	1	98.1	42
6	4	92.4	23,24,35,36
7	0	100.0	-----
8	1	98.1	19



$$.9 \times .9 = .81$$

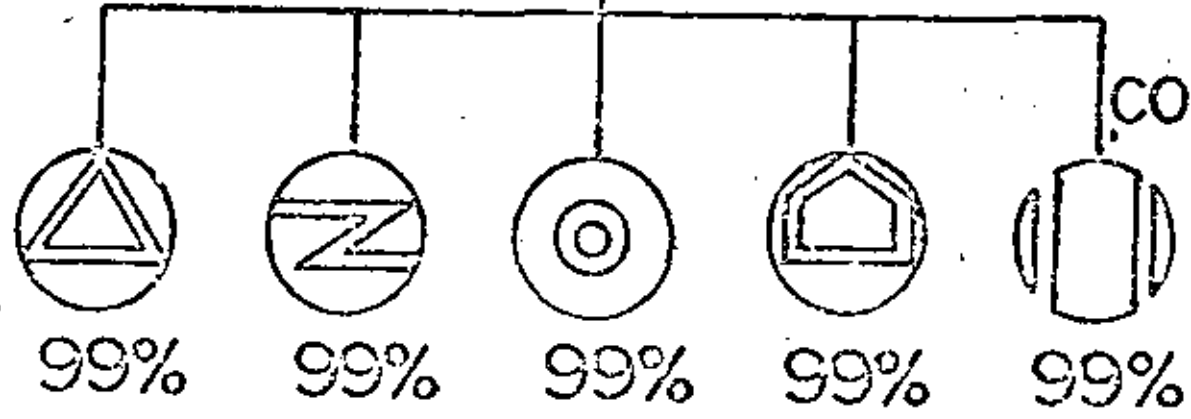


$$.9 \times .9 \times .9 = .73$$

OBJETIVO  
95%



ENSAMBLE



COMPONENTE

DEBE  
MANTENER

99%

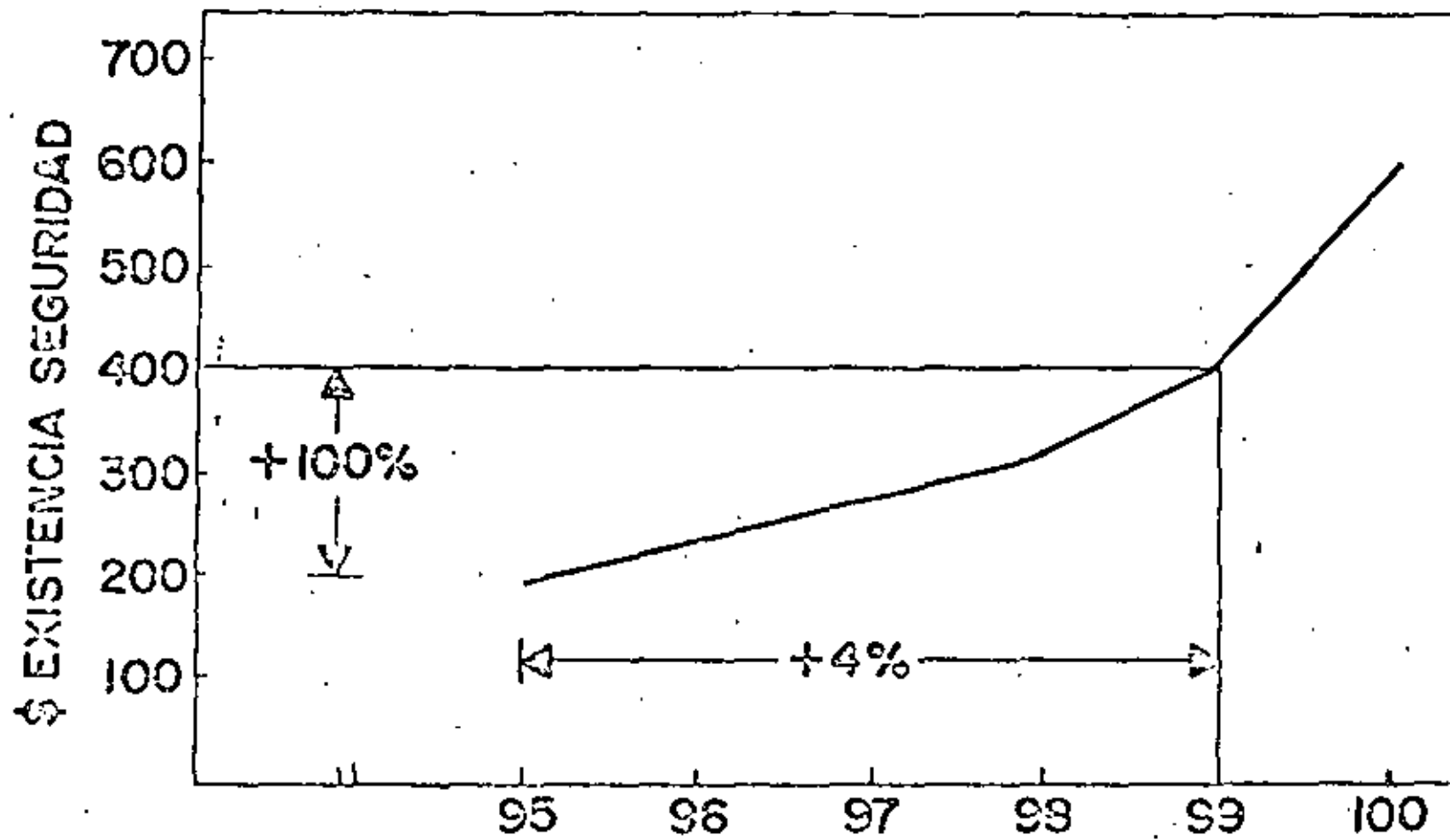
99%

99%

99%

99%

# SERVICIO VS. INVENTARIO



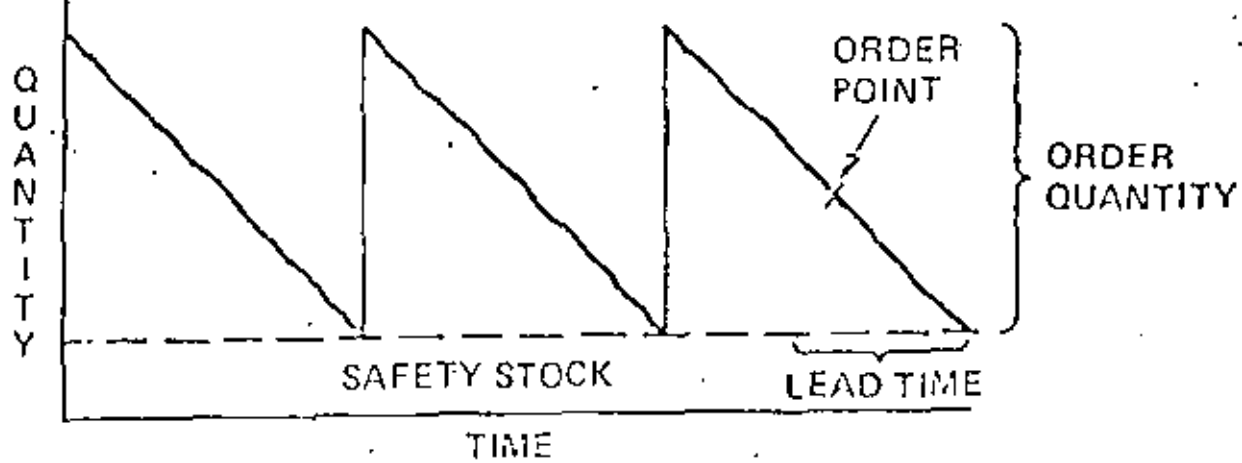
## NATURALEZA DE LA DEMANDA

### . DEMANDA INDEPENDIENTE

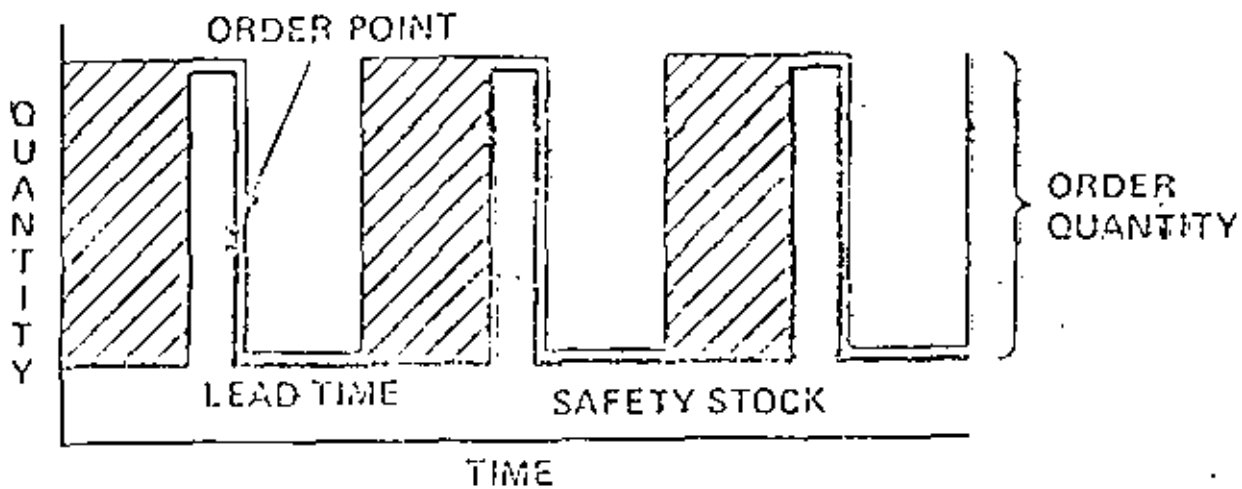
ES LA DEMANDA QUE NO ESTA RELACIONADA A LA DEMANDA DE LOS PRODUCTOS DE NIVELES MAS ALTOS (DEBE SER PRONOSTICADA).

### . DEMANDA DEPENDIENTE

ES LA DEMANDA QUE SE DERIVA DE LA DEMANDA DE LOS ARTICULOS DE NIVELES MAS ALTOS (NO DEBERIA PRONOSTICARSE - USE MRP).



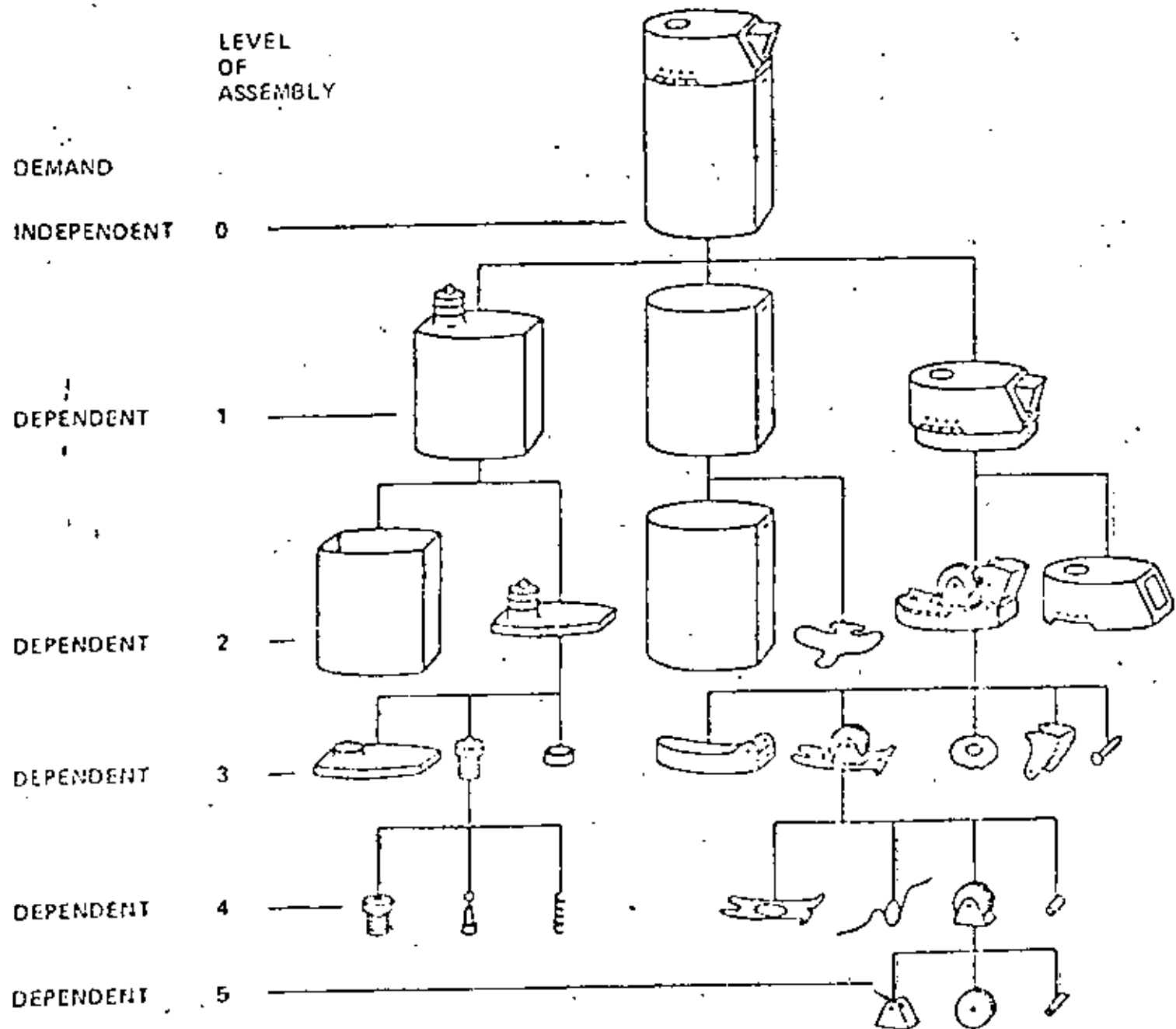
## Order Point vs. Material Requirements Planning



- ORDER POINT INVENTORY CONTROL — DEPENDENT COMPONENTS
- MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING — DEPENDENT COMPONENTS
- ▨ EXCESS INVENTORY USING ORDER POINTS FOR DEPENDENT COMPONENTS

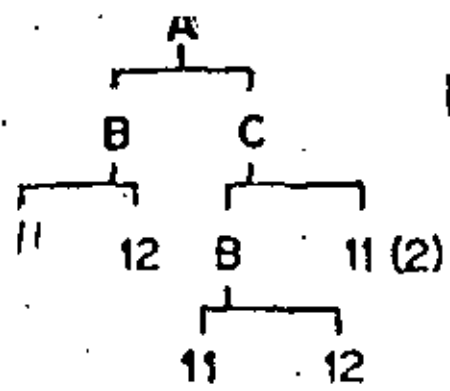


# Dependent Demand Example



## PLANEACION DE REQUERIMIENTOS DE MATERIAL (MRP)

ES UN CONJUNTO DE TECNICAS DE  
PLANEACION DE PRIORIDADES PARA  
PLANEAR LOS ARTICULOS COMPONENTES  
DE UN PRODUCTO TERMINADO.



ITEM

TIME PERIOD

	1	2	3	4	5	6	7	8
A								
GROSS								50
NET								50
PLAN								50
OFFSET						50		
C								
GROSS						50		
NET						50		
PLAN						50		
OFFSET				50				
B								
GROSS				50		50		
NET				50		50		
PLAN				50		50		
OFFSET		50		50				
11								
GROSS		50		150				
NET		50		150				
PLAN		50		150				
OFFSET	50	150						
12								
GROSS		50		50				
NET		50		50				
PLAN		50		50				
OFFSET	50		50					

## PUNTO DE PEDIDO

- o ORIENTADO A LA PARTE
- o DEPENDE DEL PASADO
- o ASUME DEMANDA PROMEDIO
- o DA FECHAS DE EMISION DE ORDENES PLANEADAS INFIERE FECHAS EN QUE SE REQUIERE
- o TRATA DE TENER EN ALMACEN
- o DA REQUERIMIENTOS APROXIMADOS

## PLANIFICACION DE REQUERIMIENTOS

- o BASADO EN LA ESTRUCTURA DEL PRODUCTO
- o TOMA SOLO DATOS DEL FUTURO
- o MANEJA DEMANDAS DISCONTINUAS
- o MUESTRA FECHAS EN QUE SE REQUIERE INFIERE FECHAS DE EMISION DE ORDENES PLANEADAS
- o TRATA DE NO TENER EN ALMACEN
- o DA LOS REQUERIMIENTOS EXACTOS

SESION 2

FUNCIONES PRINCIPALES DEL SISTEMA MRP

## FUNCIONES DEL MRP

- PLANEACION Y-CONTROL DE INVENTARIOS
- MANTIENE LAS PRIORIDADES VALIDAS
- PLANEACION DE CAPACIDADES

## CARACTERISITICAS DEL MP

- . ORIENTADO AL PRODUCTO
- . MIRA HACIA EL FUTURO
- . REQUERIMIENTOS POR PERIODOS DE TIEMPO ;
- . SISTEMA DE PLANEACION DE PRIORIDADES

## TIPOS DE MATERIAL

- . COMPONENTES
- . MATERIA PRIMA
- . PARTES DE SERVICIO USADAS EN PRODUCCION
- . MATERIAL SEMI-TERMINADO
- . INVENTARIO DE ALMACENES EN SUCURSALES
- . DEMANDA INDEPENDIENTE "LUMPY"



# PLANEACION DE REQUERIMIENTOS

## OBJETIVOS:

DETERMINAR CANTIDADES REQUERIDAS DE:

ENSAMBLES

SUBENSAMBLES

PARTES

MATERIA PRIMA

PARA SATISFACER LOS REQUERIMIENTOS DEL PRODUCTO TERMINADO

REALIZA UNA PLANEACION POR PERIODOS PARA DETERMINAR:

- REQUERIMIENTOS BRUTOS
- REQUERIMIENTOS NETOS
- ORDENES PLANEADAS
- DESFASA LOS REQUERIMIENTOS

FUNCIONES BASICAS

ARTICULO A

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BRUTO	250	150	200	160	130	400	130	100	190
NETO	0	85	220	176	143	440	143	110	209
ORD/PLAN/ T		350		350		700			350
ORD/PLAN/ I	350		350		700			350	

REGISTRO DE ESTRUCTURA

A	B	2
NIVEL SUPERIOR	NIVEL INFERIOR	CTD.

ARTICULO B

PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
BRUTO	700		700		1400			700	

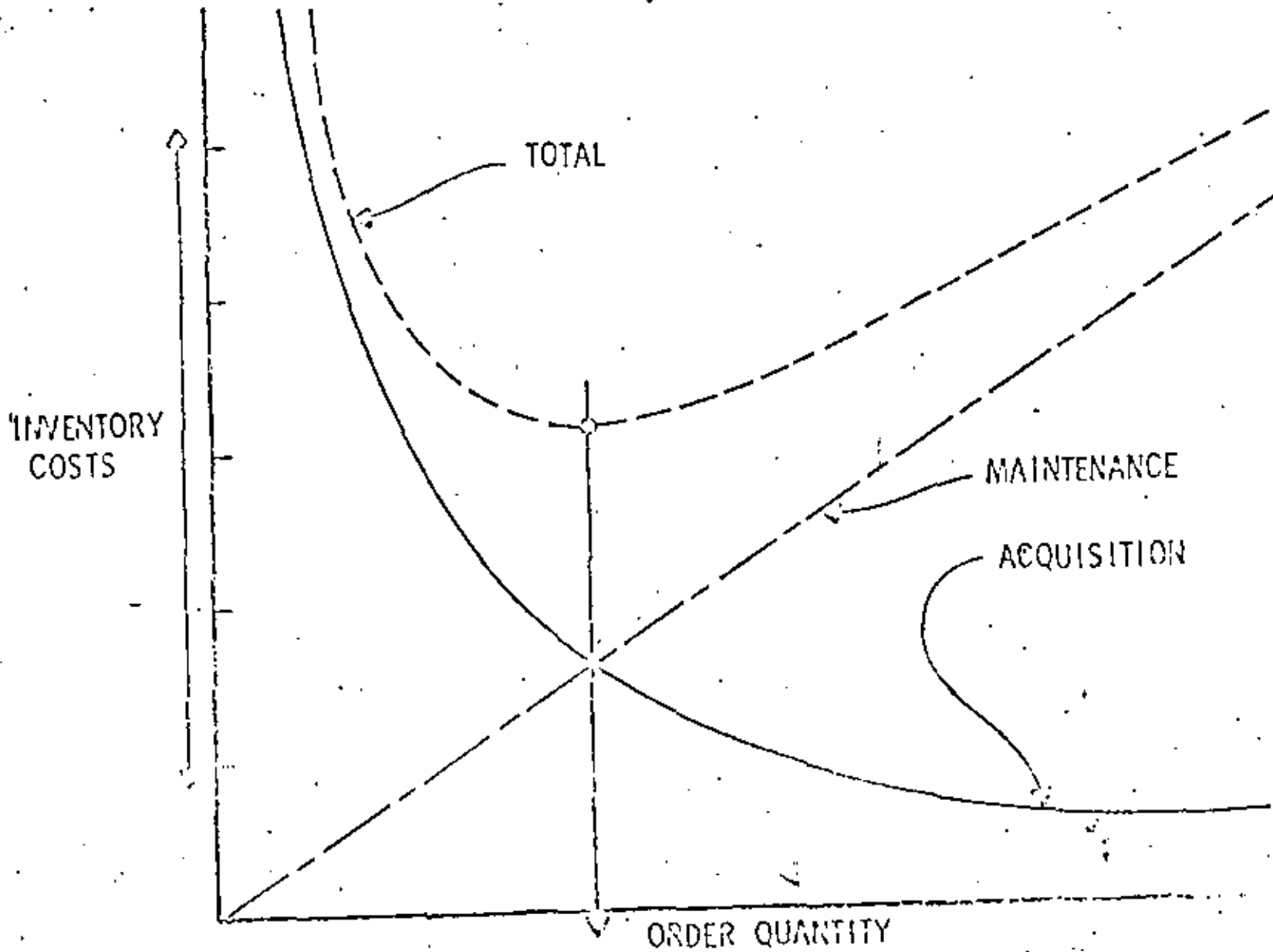
# CALCULO DEL REQUERIMIENTO NETO

CONSIDERANDO	EXISTENCIA		EXISTENCIA DE SEGURIDAD		ASIGNADO		DISP		
	=		=		=		=		
		400		400		100			
						250		-350	
								50	
PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
REG. BRUTOS	250	150	200	160	130	400	130	100	190
REDUCCION POR DISPONIBLE	200	150	200	160	130	400	130	100	190
AUMENTO POR DESPERDICIO (10%)	220	165	220	176	143	440	143	110	209
ORDENES ABIERTAS	300								
		85	220	176	143	440	143	110	209

## EXISTENCIA DE SEGURIDAD

- 1.- TIEMPO DE SEGURIDAD
- 2.- AUMENTAR EL PLAN MAESTRO
- 3.- CANTIDAD FIJA

# ECONOMIC ORDERING QUANTITY



1-V-20

# LEAST UNIT COST

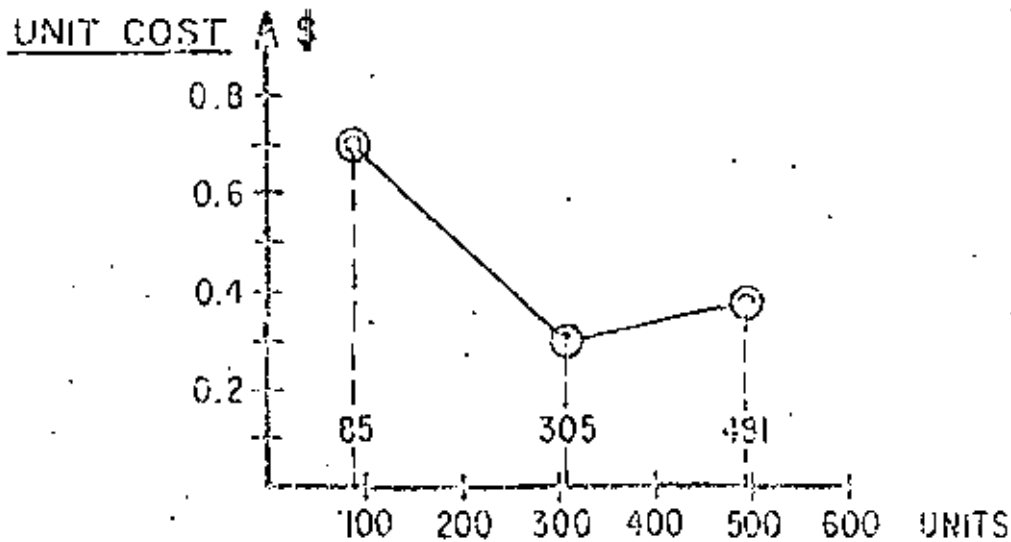
$$\text{Unit Cost} = \frac{\text{Setup} + \text{Carrying}}{\text{Quantity}}$$

## EXAMPLE:

SETUP = \$60.00

CARRYING COST = RATE x STD COST x No. PERS. x QTY.  
 = 2% x \$10.00 x No. PERS. x QTY.

PERIOD	1	2	3	4	5	6
NET	0	85	220	176	148	440
SU COST		60				
C. COST		0	44	70.4		
UNIT COST		.706	.293	.362		
PLAN ORDER		305		X		



# POLITICAS PARA ORDENAR

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
NETO	0	85	220	175	143	440	143	110	209
ORDEN DISCRETA		85	220	175	143	440	143	110	209
ORDEN FIJA		350		350		700			350
MINIMO COSTO UNITARIO		305		319		440	255		209
BALANCE PARTE PERIODO		305		319		599		319	

# MODIFICADORES DE LAS POLITICAS PARA ORDENAR

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
NETO	0	85	230	175	143	440	143	110	209
ORDEN DISCRETA		85	230	175	143	440	143	110	209
MULT=10		90	230	180	140	440	140	110	210
ORDEN FIJA		350		350		700			350
PERIODO DE COINTE 8		350		350		700			
MINIMO CON LO UNIFORME		305		310		440	255		209
BALANCE PARTE PERIODO		305		310		550		319	
MAX=510 MULT=20		325		300		450	250		200



# FUNCION ORDEN PLANEADA

## POLITICAS PARA ORDENAR

- DISCRETA
- CANTIDAD FIJA
- CANTIDAD CALCULADA

MINIMO COSTO UNITARIO

BALANCE PARTE-PERIDO

- SALIDA DE USUARIO

## MODIFICADORES

- MINIMO-MAXIMO-MULTIPLE
- NUMERO DE DIAS
- CANTIDAD MAXIMA
- FECHA DE CORTE

# FUNCION DE DESFASAR

EL TIEMPO DE DESFASAMIENTO ES UNICO PARA CADA PARTE

- TIEMPO DE ENTREGA DE COMPRA
- TIEMPO ENTREGA TOTAL DE MANUFACTURA

OPCION: TIEMPO DE ENTREGA CALCULADO

- PREPARACION, EJECUCION Y ESPERA / MOVIMIENTO

OPCION: DESFASAMIENTO A MEDIO PERIODO

EL DESFASAMIENTO PUEDE SER APLICADO A:

- REQUERIMIENTOS BRUTOS
- REQUERIMIENTOS NETOS
- ORDENES PLANEADAS

## BENEFICIOS DE LA PLANEACION DE REQUERIMIENTOS

REDUCE EL INVENTARIO DE COMPONENTES; HASTA UN 50%  
FRECUENTEMENTE EN UN 30%

MEJORA EL SERVICIO A CLIENTES; HASTA UN 90% MENOS ORDENES RETRASADAS  
HASTA UN 75% MENOS FALTANTES

MENORES COSTOS DE MANUFACTURA; HASTA UN 10% MENOS PROBLEMAS DE ENSAMBLE  
HASTA UN 5% MAS DE PRODUCTIVIDAD

MENOS EMPLEADOS INDIRECTOS

HASTA UN 25% MENOS ALMACENISTAS

EXPEDITADORES

TRANSPORTISTAS

AYUDANTES.

SESION 3

CARACTERISTICAS DE DISEÑO

DEL SISTEMA MRP

- OBJETIVOS DEL SISTEMA MRP
- ENTRADAS Y SALIDAS DEL SISTEMA
- FACTORES QUE AFECTAN EL CALCULO DE LOS REQUERIMIENTOS

## OBJETIVOS DEL MRP

### DETERMINAR:

- . QUE ORDENAR
- . CUANTO ORDENAR
- . CUANDO ORDENAR
- . CUANDO PROGRAMAR LAS ENTREGAS

### MANTENER LAS PRIORIDADES ACTUALIZADAS PARA:

- . PLANEACION Y CONTROL DE INVENTARIO
- . PLANEACION DE REQUERIMIENTOS DE CAPACIDAD
- . CONTROLES DE PISO

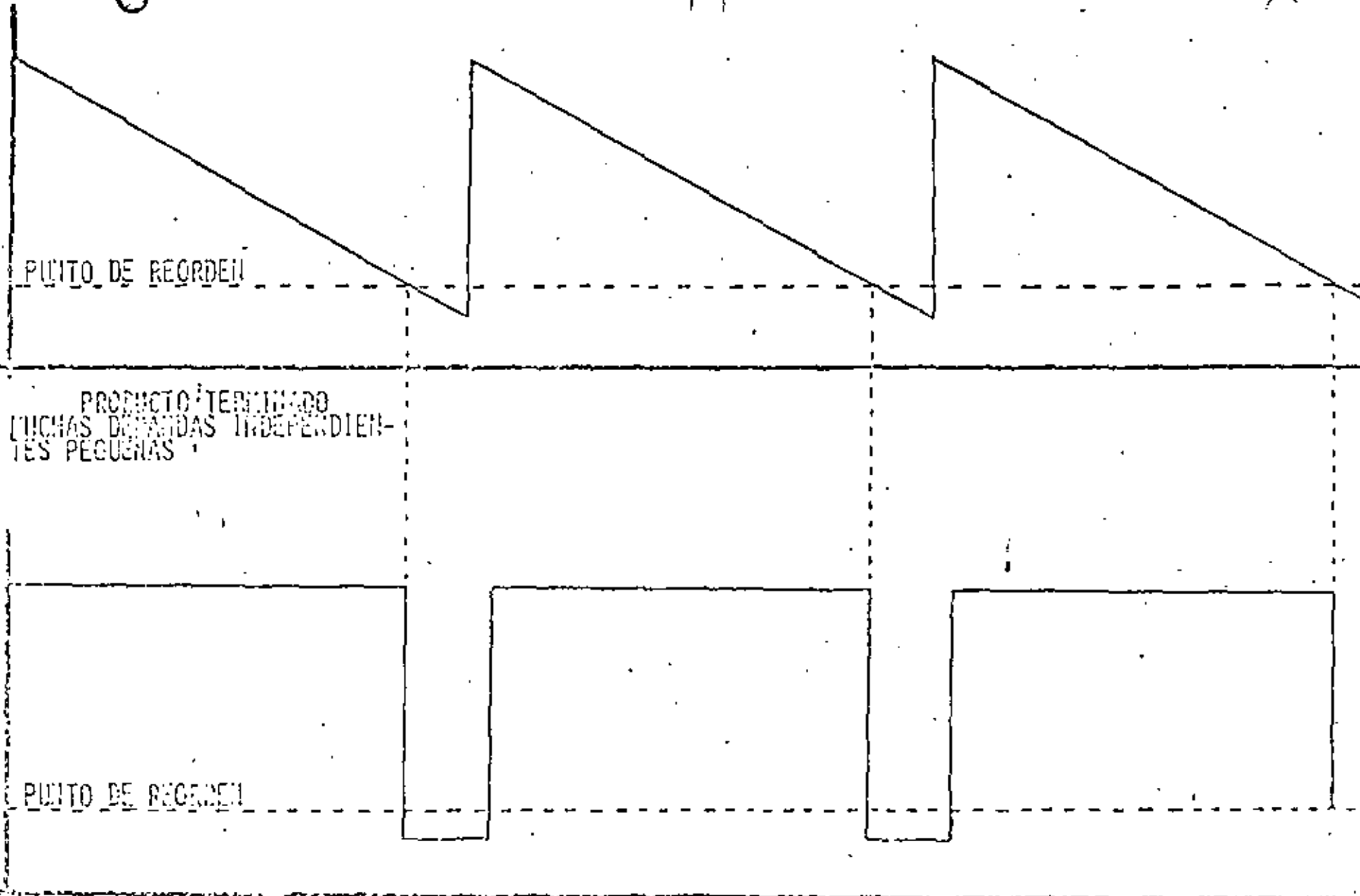
## REQUISITOS DEL SISTEMA MRP

- . UN COMPUTADOR
- . LISTAS DE MATERIALES
- . REGISTROS DE INVENTARIO
- . PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCION

## TERMINOLOGIA

- . DEMANDA INDEPENDIENTE/DEPENDIENTE
- . DEMANDA CONTINUA/ERRATICA
- . SISTEMAS PRO/MRP
- . CALCULO DE NETO/DESFASAMIENTO
- . SISTEMAS REGENERATIVOS/CAMBIO NETO





PUNTO DE REORDEN

PRODUCTO TERMINADO  
MUCHAS DEMANDAS INDEPENDIENTES  
PEQUEÑAS

PUNTO DE REORDEN

COMPONENTES  
POCAS DEMANDAS FUERTES DEPENDIENTES DE  
PRODUCTOS TERMINADOS

## HIPOTESIS

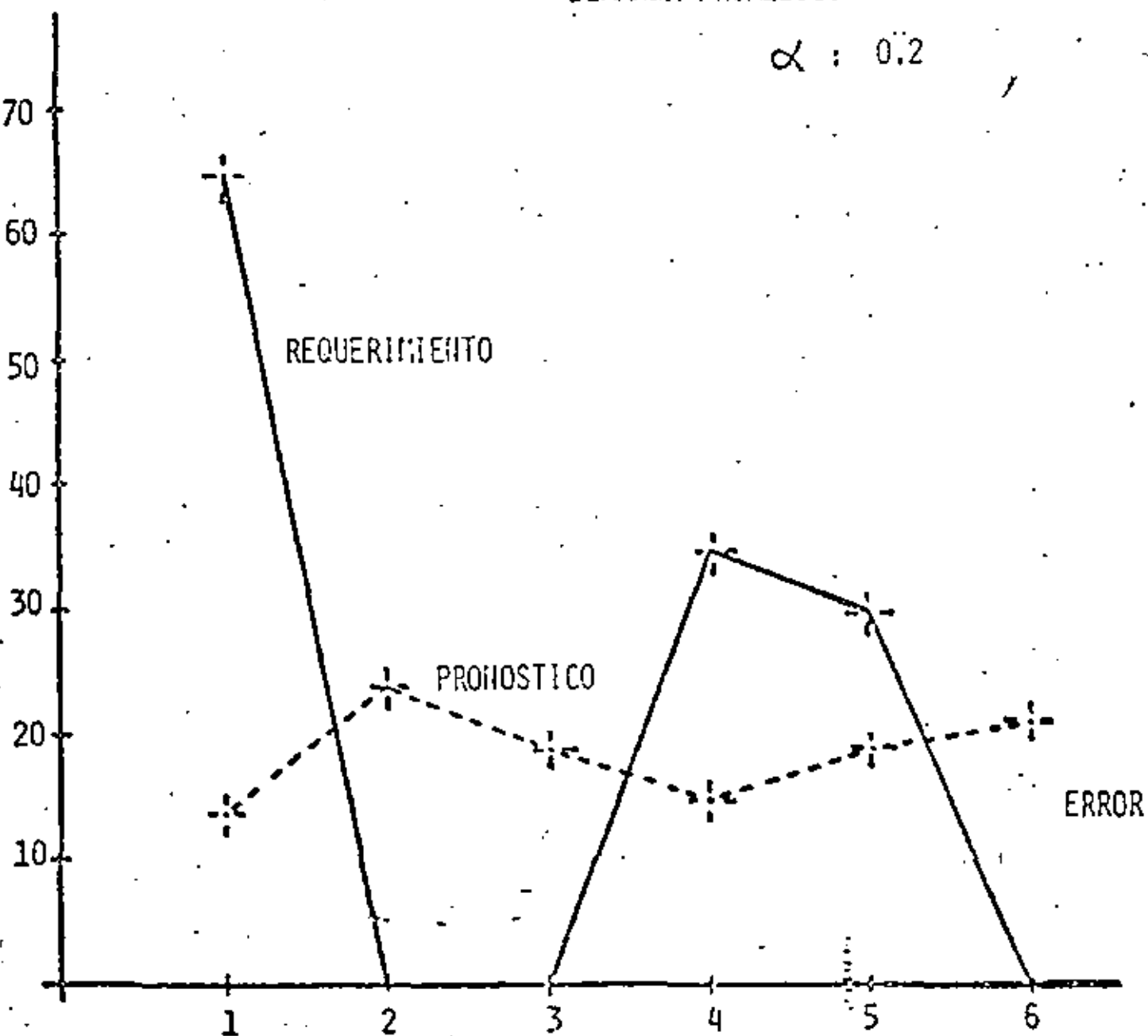
- . DEMANDA CONTINUA Y RELATIVAMENTE UNIFORME
- . DEMANDA INDEPENDIENTE
- . DEMANDA REAL DE UN PERIODO DADO, CONSIDERADA COMO MUESTRA AL AZAR DE LA DEMANDA DEL UNIVERSO
- . FLUCTUACIONES AL AZAR CON RELACION A LA MEDIA
- . DISTRIBUCION NORMAL DE LOS ERRORES
- . CONSUMO GRADUAL COMO RESULTADO DE TODO LO ANTERIOR

$$\text{NUEVO PRONOSTICO} = \text{PRONOSTICO ANTIGUO} + \alpha \left[ \text{ULTIMO REQUERIMIENTO} - \text{PRONOSTICO ANTIGUO} \right]$$

REQUERIMIENTO	65	0	0	35	30	0
PRONOSTICO	14	24	19	15	19	21

DEMANDA PROMEDIO: 17

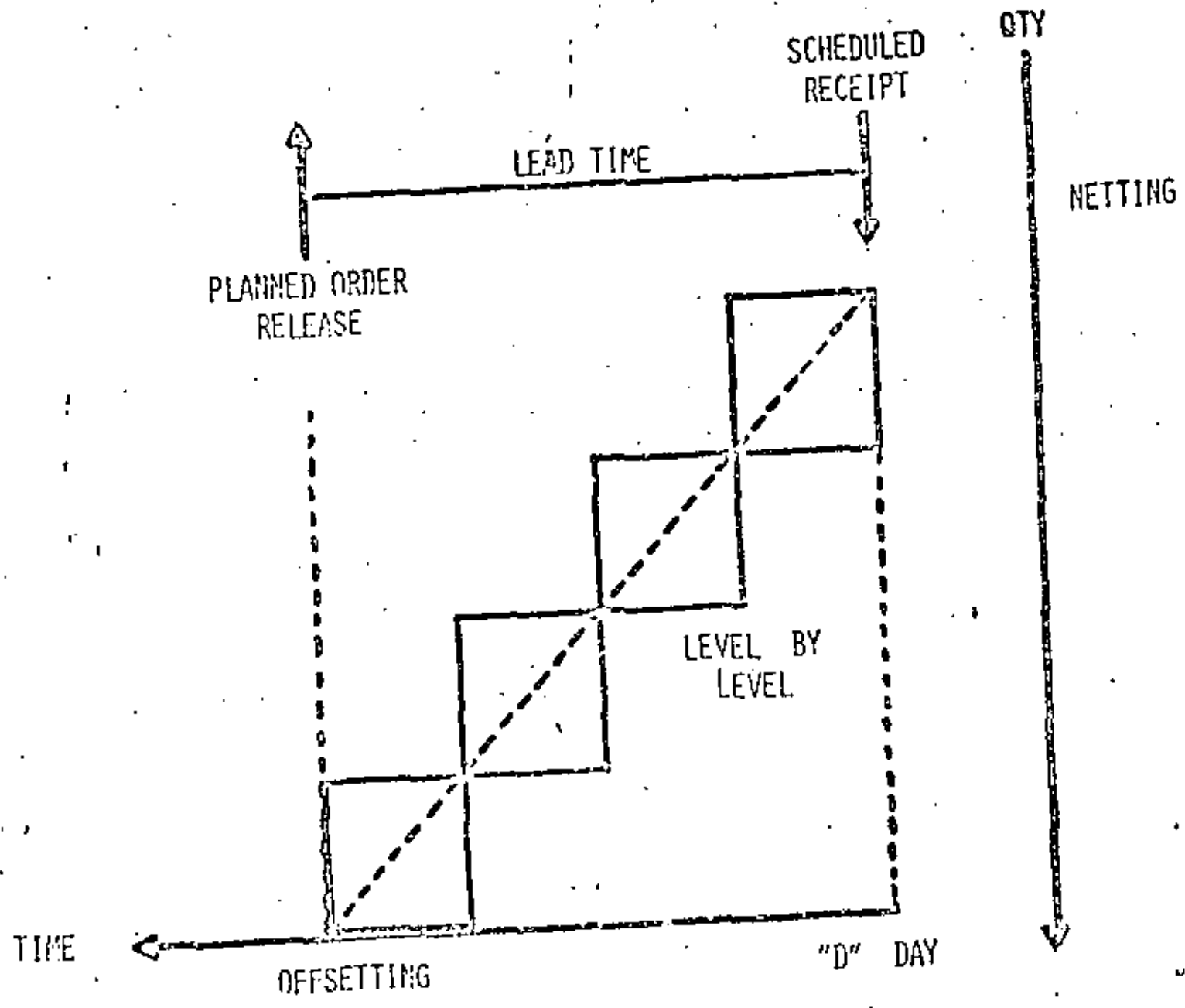
$\alpha : 0.2$



GROSS/NET REQUIREMENTS

<u>LEVEL</u>	<u>PART NUMBER</u>	<u>GROSS REQUIREMENT</u>	<u>ON HAND INV. BALANCE</u>	<u>NET REQUIREMENT</u>
0	A	100	2	98
1	B	98	3	95
2	C	95	-	95
3	D	95	1	94
4	E	94	2	92

# NETTING / OFFSETTING



ORDENES  
CLIENTES

PROMOS  
TICO

PLAN MAESTRO  
DE  
PRODUCCION

QUE SE DEBE  
PRODUCIR ?  
CUANDO SE  
NECESITA ?

CAMBIOS  
INGENIE  
RIA

TRANSAC  
CIONES  
INVENTA  
RIOS

ESTRUCTURA  
DEL  
PRODUCTO

- ESTRUCTURA
- OTROS DATOS

PLANEACION DE  
REQUERIMIENTOS

- EXPLOTA REQ.
- DEFASA TIEMPOS  
ENTREGA
- CALCULA EL REQ.  
NETO

INVENTARIOS

- EXISTENCIA
- ORDENES  
ABIERTAS
- TIEMPOS  
ENTREGA

REPORTES EXCEPCION

- QUE SE DEBE  
ORDENAR ?
- QUE SE DEBE  
EXPEDITAR ?
- QUE ORDENES SE  
DEBEN CANCELAR ?
- QUE ORDENES SE  
DEBEN DE DE-EXPEDI  
TAR ?
- ES FACTIBLE EL PLAN  
MAESTRO ?

## PLANEACION DE REQUERIMIENTOS

- . INVERSION EN INVENTARIOS MINIMA
- . CANTIDADES A ORDENAR RELACIONADAS A LOS REQUERIMIENTOS
- . SE ENFATIZA EL TIEMPO DE LOS REQUERIMIENTOS
- . EL SISTEMA PROPORCIONA UNA VISION AL FUTURO DE CADA COMPONENTE
- . EL CONTROL DE INVENTARIO ESTA ORIENTADO A LA ACCION NO A UN PROCESO RUTINARIO.

## CRITERIOS DE EVALUACION

### PLANEACION Y CONTROL DE INVENTARIOS

- ORDENAR LA PIEZA CORRECTA
- EN LA CANTIDAD CORRECTA
- EN EL TIEMPO CORRECTO

### MANTENER LAS PRIORIDADES VALIDAS

- ORDENAR CON FECHA DE ENTREGA CORRECTA
- MANTENER LA FECHA DE ENTREGA ACTUALIZADA

### PLANEAR CAPACIDAD

- PROPORCIONAR LA CARGA PRECISA
- PROPORCIONAR LA CARGA COMPLETA
- CON SUFICIENTE HORIZONTE DE PLANEACION



SESION 4

EL MRP Y SU RELACION CON EL PLAN MAESTRO

## ¿QUE ES EL PLAN MAESTRO?

DETERMINA LA CANTIDAD DE ARTICULOS TERMINADOS POR CODIGO, A SER PRODUCIDOS POR INTERVALOS DE TIEMPO.

MUESTRA LO QUE SE PIENSA PRODUCIR. DIFIERE DEL PRONOSTICO DE VENTAS EN:

A) CONSIDERA LOS CAMBIOS DE CAPACIDAD, CARGA E INVENTARIO DE PRODUCTO TERMINADO

B) AGRUPA POR LOTES DE PRODUCCION DONDE ES POSIBLE

PROGRAMA ORDENES RECIBIDAS DE CLIENTES (BACKLOG) Y ESTABLECE PRIORIDADES.

BALANCEA LA CAPACIDAD Y CARGA EN UNIDADES SIGNIFICATIVAS PARA LA PLANTA.

ES UN PLAN FLEXIBLE QUE TRATA DE ANTICIPAR LA PRODUCCION MAS ALLA DEL TIEMPO DE ENTREGA.

ES EL PUNTO DE ENTRADA DE LA DIRECCION AL SISTEMA DE INFORMACION DE MANUFACTURA Y PROPORCIONA EL ACUERDO ENTRE PRODUCCION, VENTAS, FINANZAS E INGENIERIA.

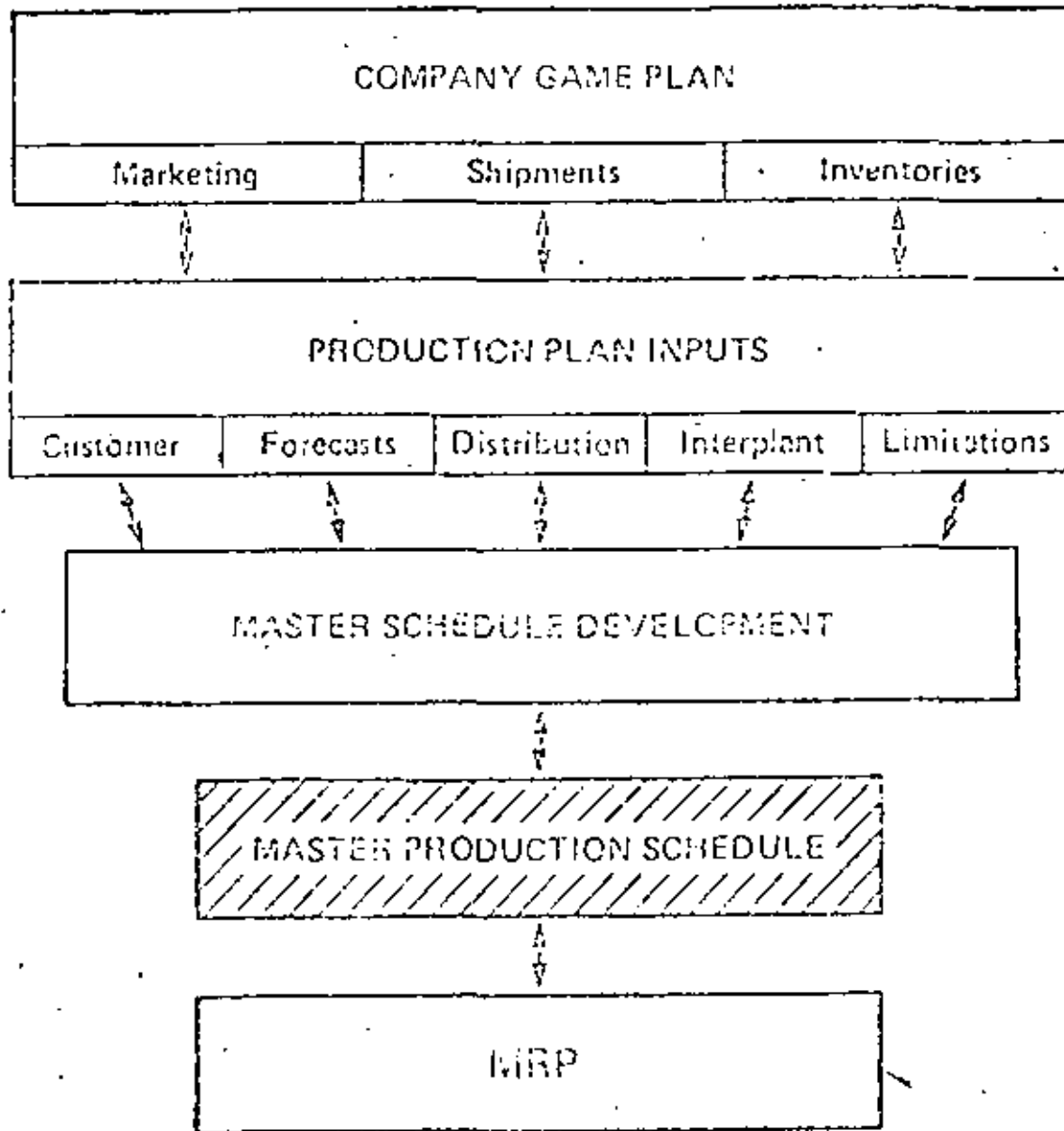
## RELACIONES CON OTROS SISTEMAS

- PLANEACION DE REQUERIMIENTOS DE MATERIAL
- PLANEACION DE ACTIVIDADES DE MANUFACTURA
- COMPRAS
- PLANEACION Y CONTROL DE COSTOS

## ENTRADAS DEL SISTEMA

- PRONOSTICOS
- ADMINISTRACION DE INVENTARIOS
- SERVICIO A ORDENES DE CLIENTES
- INFORMACION DE OTROS SISTEMAS

# Developing The Master Schedule



## PLAN MAESTRO

### FRECUENCIA DE REVISION

- . CADA VEZ QUE OCURRA UN CAMBIO MAYOR EN EL PRONOSTICO O TRIMESTRALMENTE
- . MENSUALMENTE PARA AÑADIR LAS NUEVAS SEMANAS Y REPROGRAMAR ATRASOS
- . SEMANAL O DIARIO PARA INCORPORAR NUEVAS ORDENES, CAMBIOS O CANCELACIONES

CREACION DEL PROGRAMA MAESTRO

DE PRODUCCION.

- REQUERIMIENTOS BASADOS EN DEMANDA ANTERIOR
  - REQUERIMIENTOS DE ALMACENES DE DISTRIBUCION
  - ORDENES PARA ALMACENAR
  - ORDENES DE CLIENTES
  - ORDENES ENTRE PLANTAS

ESTAS DEMANDAS CONSOLIDADAS REPRESENTAN UN PROGRAMA DE REQUERIMIENTOS DE FABRICACION

## PLAN MAESTRO

### CONSIDERACIONES DE DEMANDA

- . ORDENES DE CLIENTES
- . DISTRIBUIDORES INTERNOS Y EXTERNOS
- . REFACCIONES
- . PRONOSTICOS
- . EXISTENCIAS DE SEGURIDAD
- . EXISTENCIAS DE ANTICIPACION
- . ORDENES ENTRE PLANTAS

## PLAN MAESTRO

### CONSIDERACIONES DE CAPACIDAD

- . TURNOS PROGRAMADOS
- . DIAS POR INTERVALO
- . TIEMPO EXTRA
- . CAMBIOS DE TRABAJO DE UN DEPARTAMENTO O PLANTA A OTRA
- . DECIDIR ENTRE COMPRAR O HACER
- . CAMBIOS DE PERSONAL Y/O EQUIPO



# MASTER PRODUCTION SCHEDULE

	52 WEEKS							
ITEM A	50	-	50	-	60	-	60	-
B	610	610	610	610	610	610	610	610
C	340	360	380	400	300	310	320	330
D	180	180	180	180	150	150	150	150
E	15	-	-	-	-	-	20	-
F	205	205	205	205	225	225	225	225
FAMILY TOTAL/MO	5575				5340			

## REGLAS PARA MANTENER EL PLAN-MAESTRO

- . REPROGRAME LAS ORDENES ATRASADAS
- . HAGA CAMBIOS TAN PRONTO LOS CONOZCA
- . NUNCA REPROGRAME A NIVEL DE COMPONENTE
- . MANTENGA LA INTEGRIDAD DEL PLAN

## ACTUALIZACION DEL PLAN MAESTRO

CARGUE Y NIVELE A LA CAPACIDAD REAL LOS BACKLOGS Y/O PRONOSTICO

LAS NUEVAS ORDENES QUE NO PUEDAN SER SURTIDAS DE LAS EXISTENCIAS, ASIGNELAS A LOS LOTES PLANEADOS

SI NO HAY LOTE PLANEADO, PROGRAME NUEVAS ORDENES AL TOTAL DEL TIEMPO DE ENTREGA, SI HAY CAPACIDAD DISPONIBLE, SI NO HUBIERA CAPACIDAD, PROGRAME LA NUEVA ORDEN EN EL PRIMER INTERVALO CON CAPACIDAD O REPROGRAME PRIORIDADES

SI HAY CAPACIDAD DISPONIBLE EN EL TOTAL ACUMULADO DEL TIEMPO DE ENTREGA, VERIFIQUE QUE LOS COMPONENTES CON MAYOR TIEMPO DE ENTREGA PUEDAN ESTAR DISPONIBLES

PROGRAME PRODUCTOS ESTANDARD PARA OCUPAR LA CAPACIDAD OCIOSA, TOMANDO EN CUENTA NO EXCEDER LOS LIMITES DEL INVENTARIO



# MISCONCEPTIONS OF A MASTER SCHEDULE

- FORECAST IS MASTER SCHEDULE
- FINAL ASSEMBLY SCHEDULE IS MASTER SCHEDULE
- WHEN VENDOR IS LATE, MASTER SCHEDULE MUST CHANGE
- MASTER SCHEDULE IS FROZEN
- TOO MANY ITEMS TO MASTER SCHEDULE

SESION 5

ESTRUCTURACION DE LAS LISTAS DE MATERIAL

## BASES DE DATOS

. ARCHIVO CON REGISTROS DEL INVENTARIO

. ARCHIVO DE LISTAS DE MATERIAL

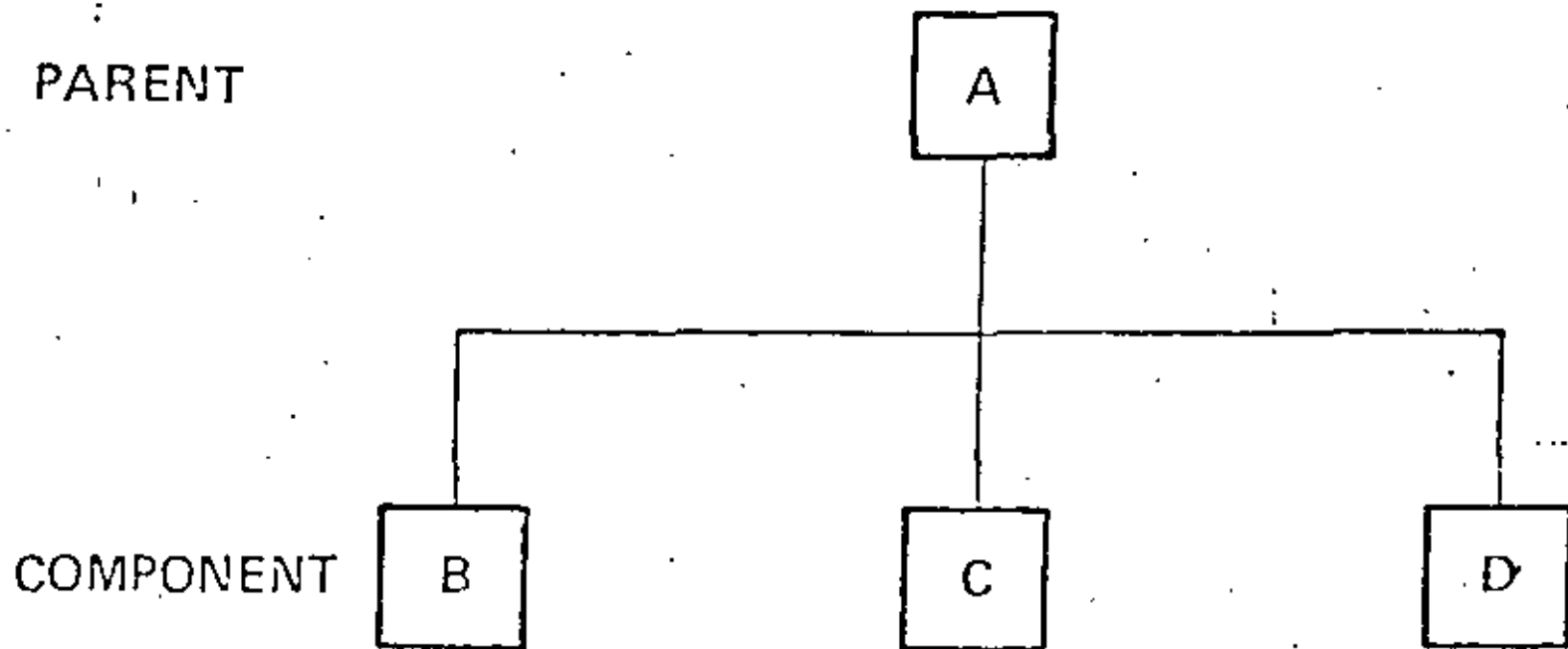
. ENSAMBLE - COMPONENTE

. CODIGOS DE NIVEL MAS BAJO

. ARTICULOS CON NIVELES MULTIPLES

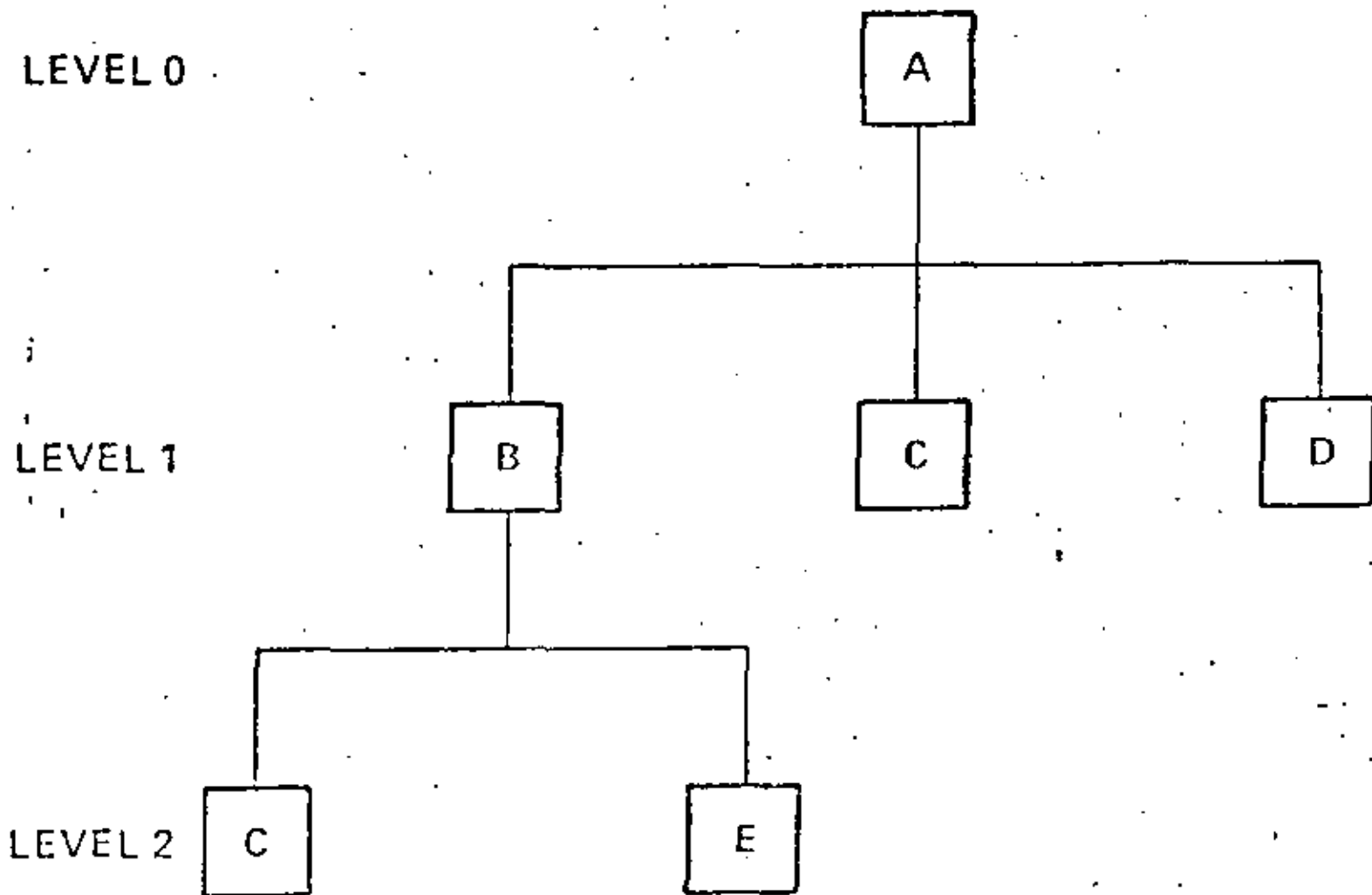
. PROCESADOR DE LISTAS DE MATERIAL

# Parent/Component Relationship

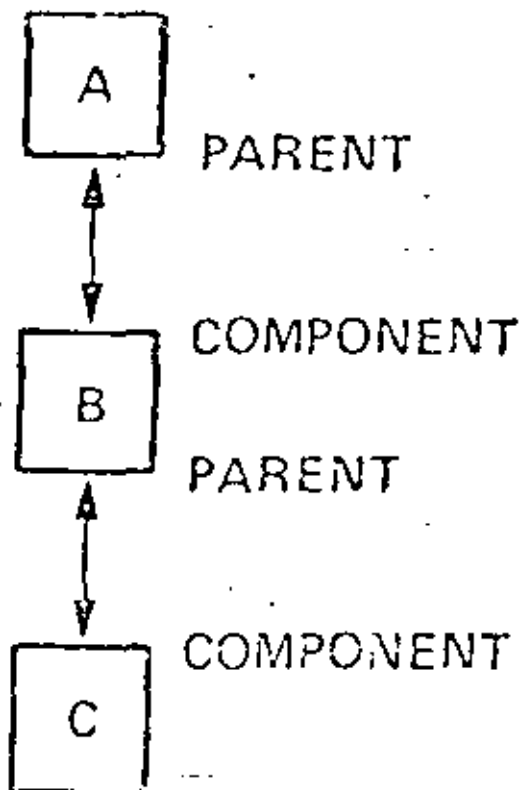




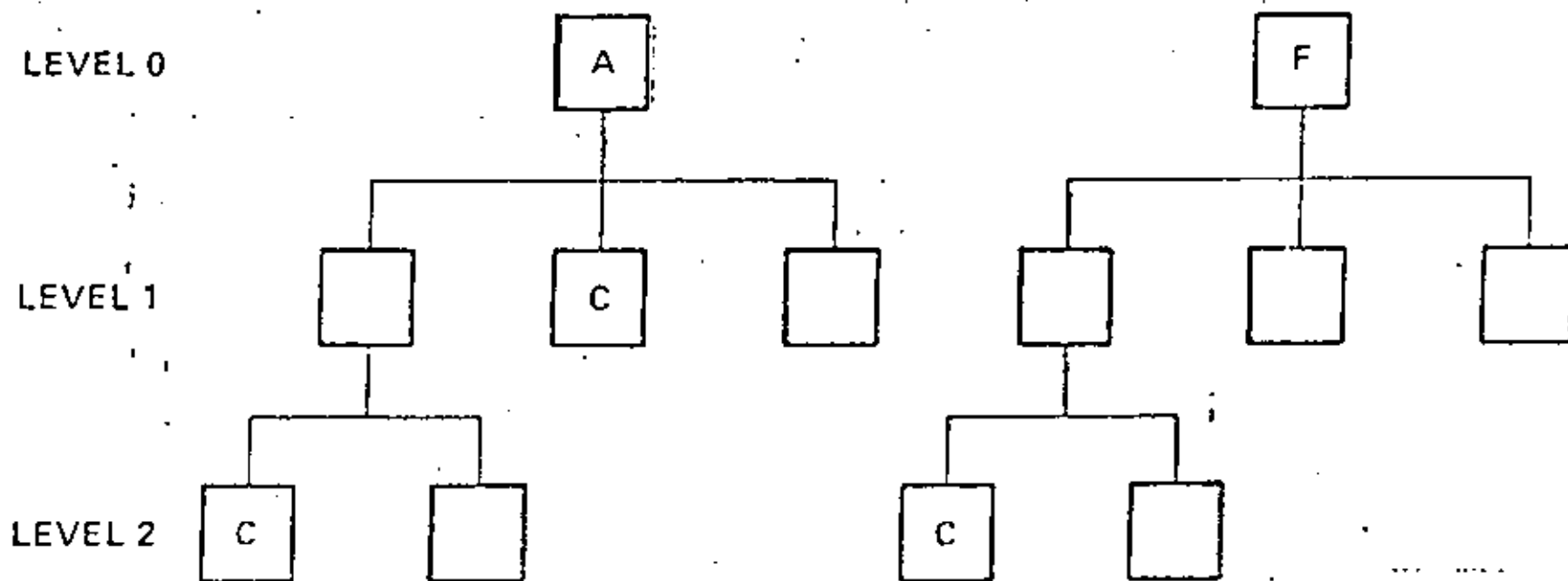
# Low Level Codes

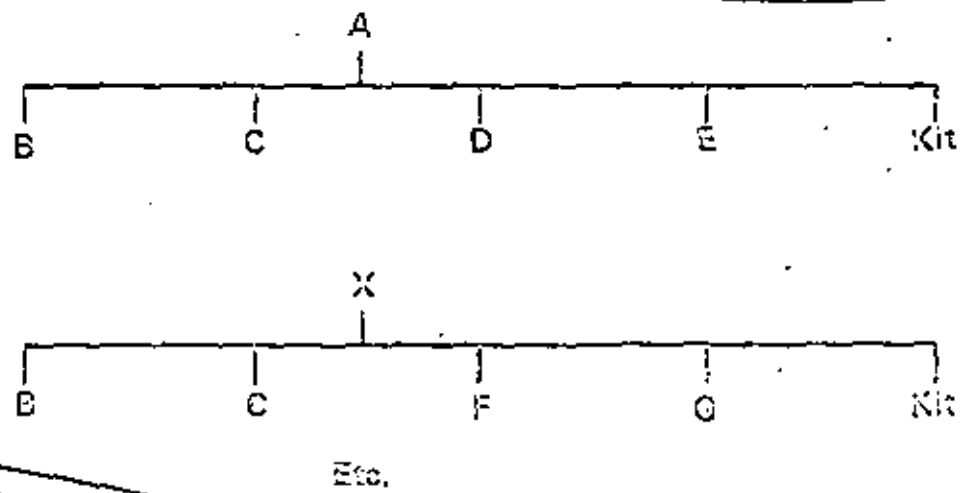
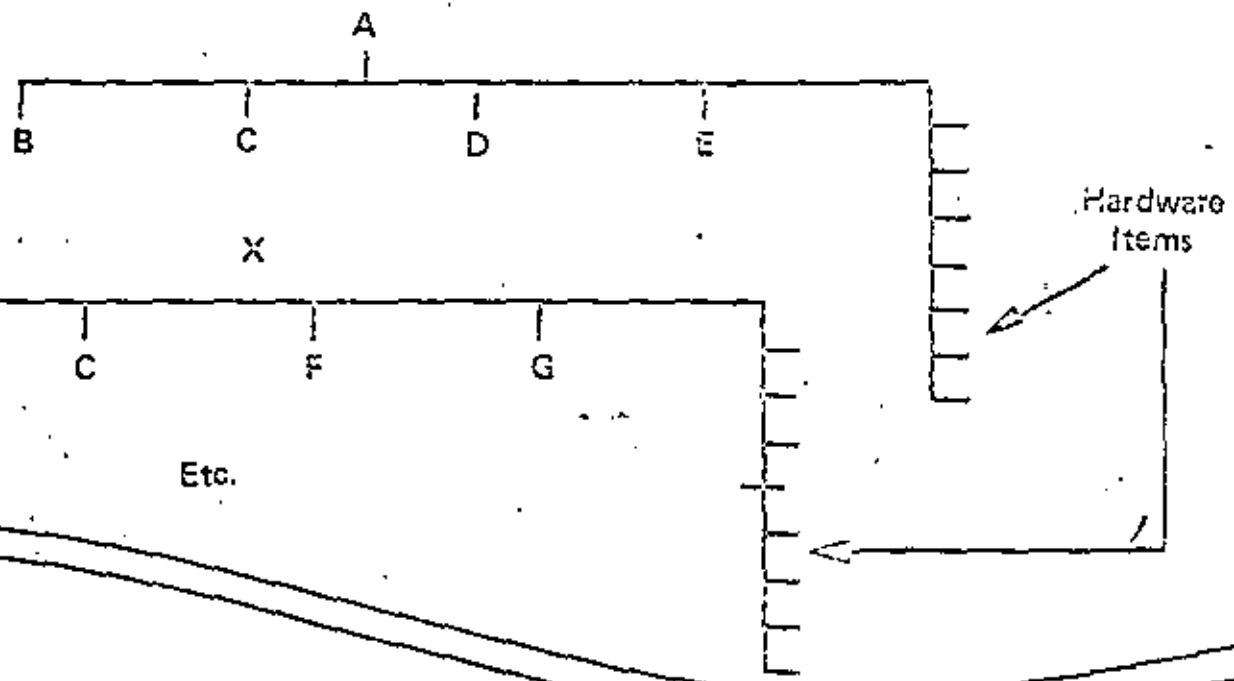


# Multi Level Parent/Component Relationship



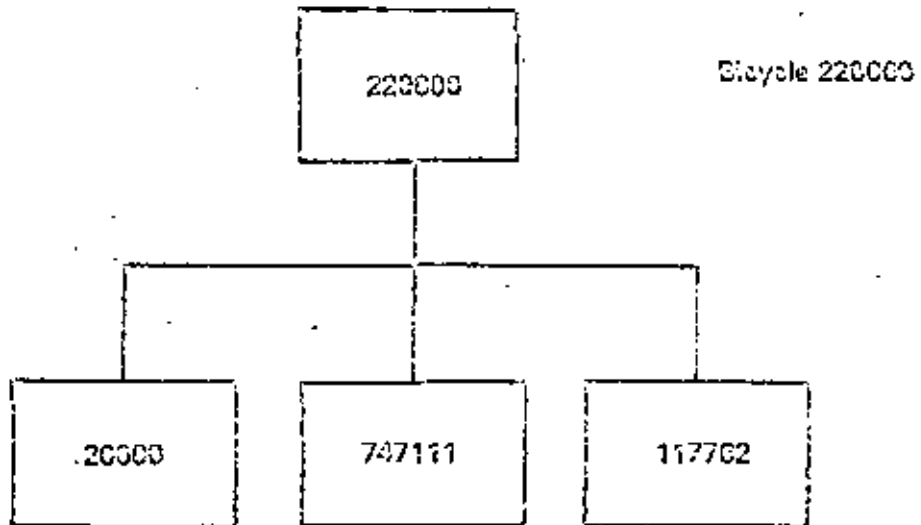
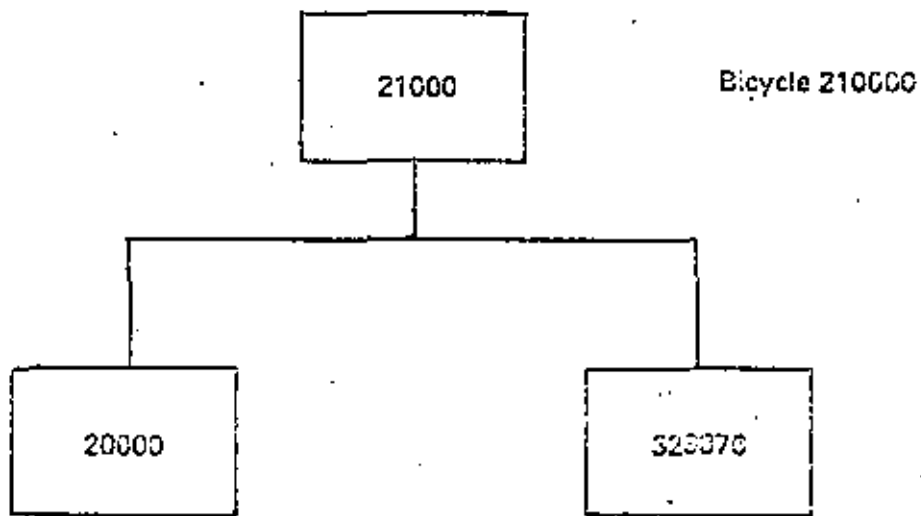
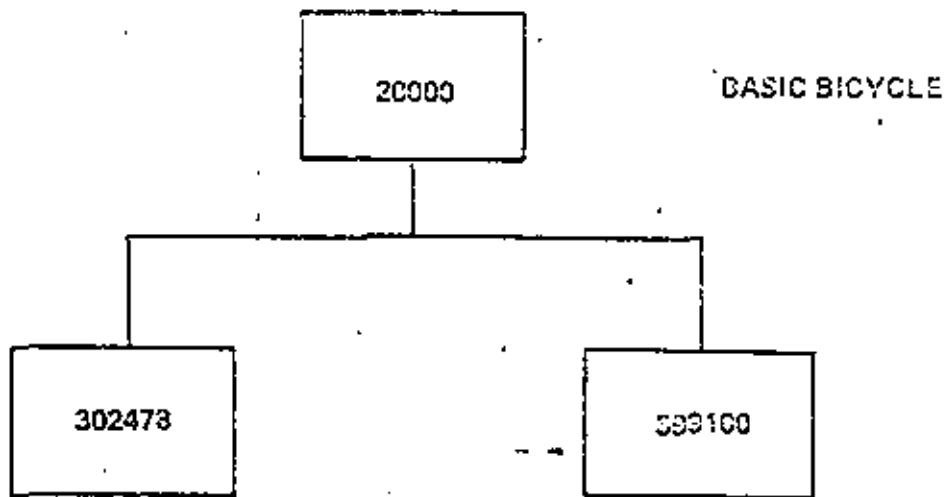
# Low Level Code Analysis



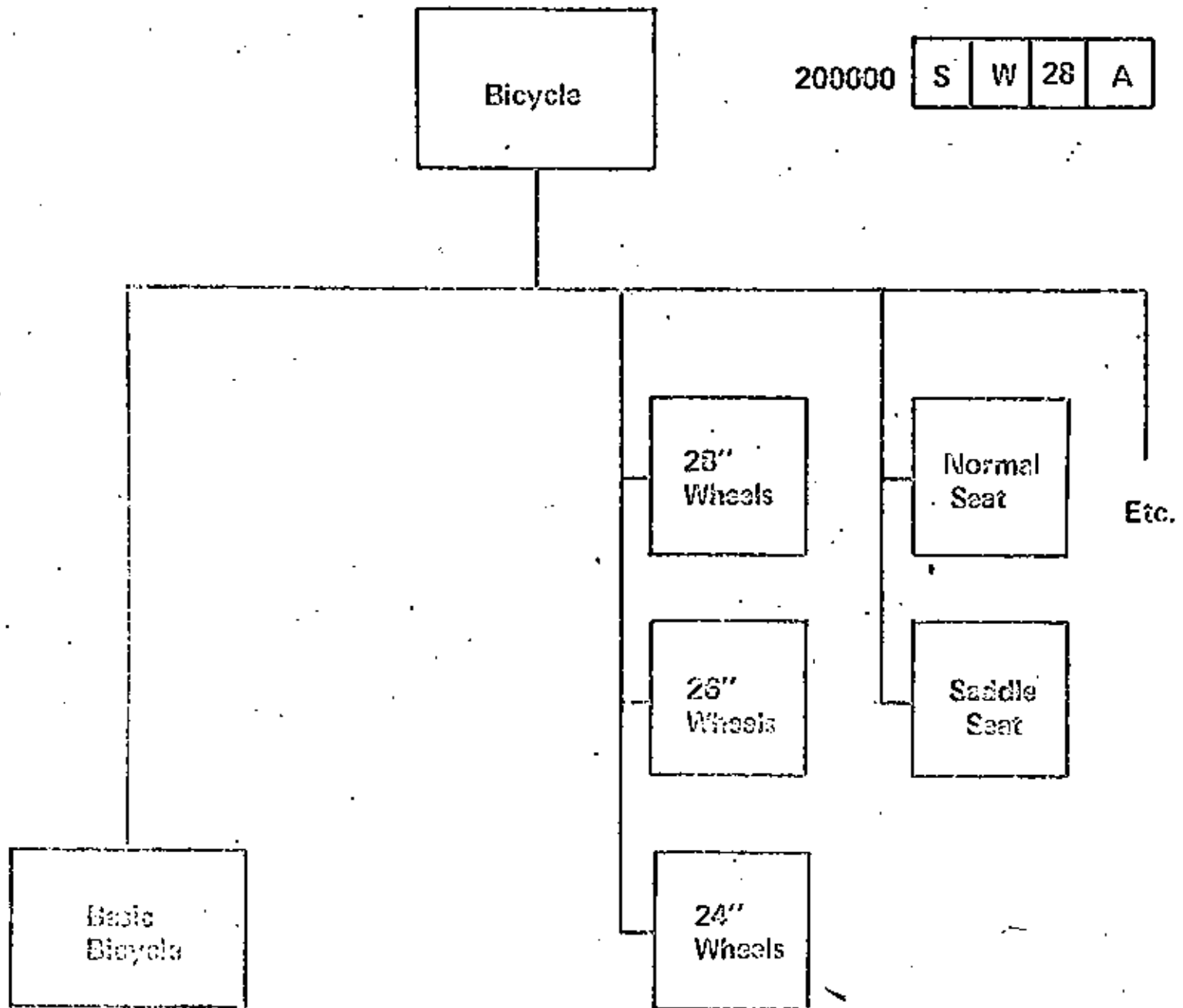


## PRODUCT VARIETY

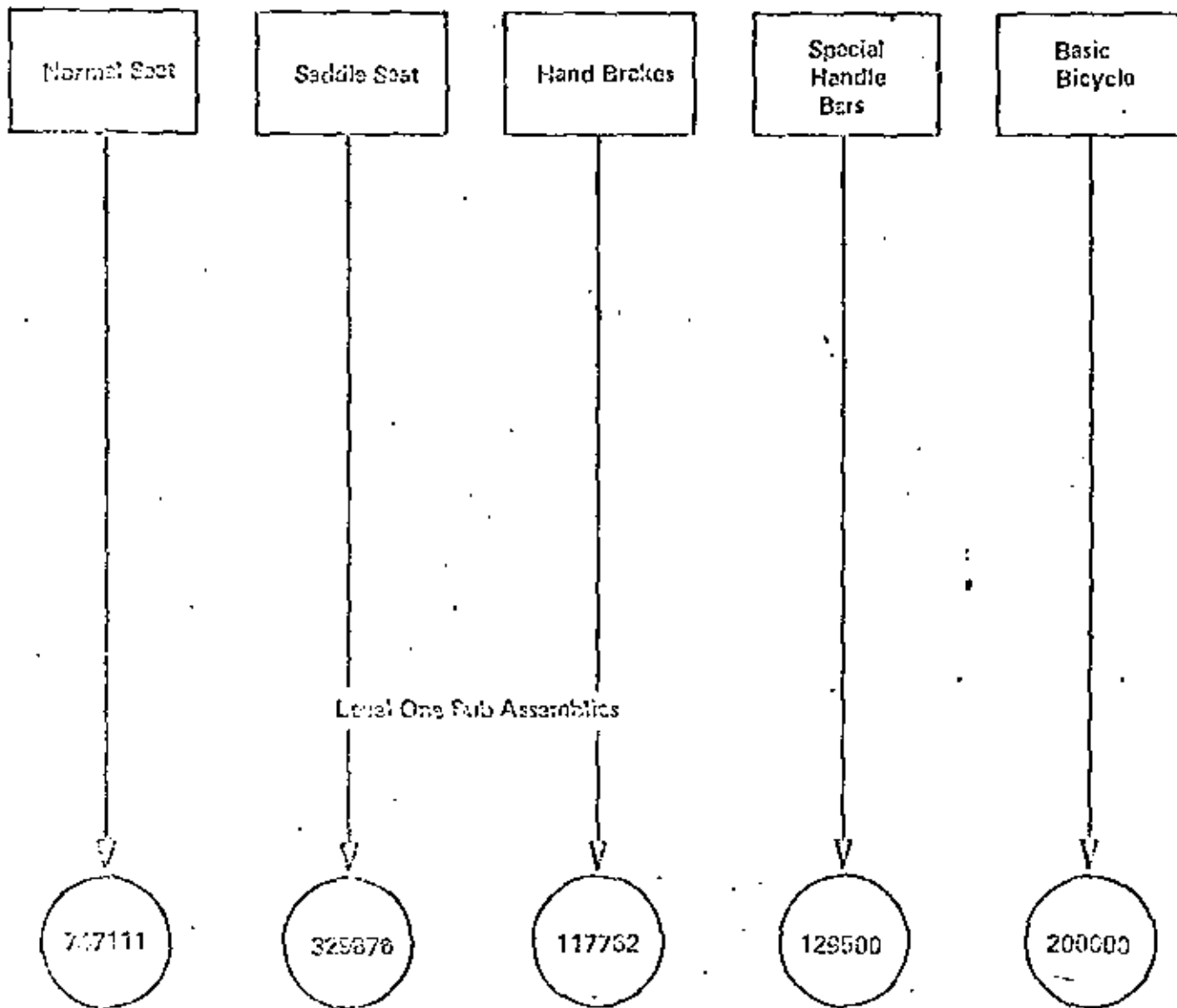
Variant	Number of Choices	Number of Choices
Main Bill	1	1
Style	12	20
Material	4	20
Size	2	2
Option 4	6	6
Option 5	8	8
Number of Bill & Material	23	57
Possibilities	4,608	33,400



OPTIONS



POSSIBLE OPTIONS





## LISTA DE VERIFICACION

- . LAS L/M DEBEN PERMITIR EL PRONOSTICO DE OPCIONES
- . LAS L/M DEBEN PERMITIR QUE EN EL PLAN MAESTRO DE PRODUCCION SE INCLUYAN EL MENOR NUMERO POSIBLE DE PRODUCTOS TERMINADOS O ENSAMBLES
- . LAS L/M DEBEN PERMITIR LA PLANEACION DE PRIORIDADES DE LOS SUBENSAMBLES
- . LAS L/M DEBEN PERMITIR LA GENERACION Y EMISION DE ORDENES
- . LAS L/M DEBEN CONSIDERAR LA SECUENCIA DEL ENSAMBLE FINAL
- . LAS L/M DEBEN PERMITIR EL CALCULO DEL COSTO DE LOS PRODUCTOS
- . LAS L/M DEBEN SER ADECUADAS PARA ALMACENARSE Y MANTENERSE EN UN COMPUTADOR

SESION 6

PLANEACION DE PRIORIDADES

## OBJETIVOS DE LAS REGLAS DE PRIORIDAD

- EL MAYOR NUMERO DE TRABAJOS TERMINADOS
- EL INVENTARIO EN PROCESO MAS BAJO POSIBLE
- EL PROMEDIO MAS BAJO DEL TIEMPO DE ENTREGA
- LA MEJOR UTILIZACION DEL EQUIPO
- EL MENOR NUMERO DE TRABAJOS ATRASADOS

## REGLAS DE PRIORIDAD

### ESTATICAS

- . PRIMERO QUE LLEGA, PRIMERO ATENDIDO
- . TIEMPO DE ENTREGA MAS CORTO
- . TIEMPO DE ENTREGA MAS LARGO
- . VALOR (ORDEN O ABC)
- . MAQUINA CRITICA

### DINAMICAS

- . RELACION CRITICA
- . RELACION DE FECHA REQUERIDA

## CARACTERÍSTICAS DE LAS PRIORIDADES

### DE LOS COMPONENTES

CAUSA: POR ORDEN  
POR OPERACION

FECHA: PROGRAMADA  
REQUERIDA

INFORMACION: VALIDEZ  
INTEGRIDAD

DEPENDENCIA: VERTICAL  
HORIZONTAL

CLASE: RELATIVA  
ABSOLUTA

STOCK DEPLETION FACTOR A

AVAILABE STOCK

REORDER POINT QTY.

LEAD TIME FACTOR B

STD LEAD TIME REMAINING

TOTAL MFG. LEAD TIME

$$\text{CRITICAL RATIO} = \frac{\text{FACTOR A}}{\text{FACTOR B}}$$

ORDER POINT = 2000 PIECES

AVAILABLE = 1000 PIECES

$$\text{FACTOR A} = \frac{1000}{2000} = 0.5$$

TOTAL MFG. LEAD TIME = 6 WEEKS

STD LEAD TIME REMAIN. = 3 WEEKS

$$\text{FACTOR B} = \frac{3}{6} = 0.5$$

$$\text{CRITICAL RATIO} = \frac{A}{B} = \frac{0.5}{0.5} = 1$$

## THREE GENERAL CONDITIONS

### 1. GOOD RATIO

$$\frac{A}{B} \text{ BETWEEN } 0.8 \text{ AND } 1.20$$

### 2. EXPEDITE RATIO

$$\frac{A}{B} \text{ IS LESS THAN } 0.80$$

### 3. SLACK RATIO

$$\frac{A}{B} \text{ IS MORE THAN } 1.20$$



CRITICAL RATIO - ORDER POINT

1. REORDER POINTS FOR EACH ITEM IN INVENTORY.
2. INVENTORY OF EVERY PARTICULAR ITEM ON HAND AND AVAILABLE TO ANY GIVEN TIME.
3. THE TOTAL MANUFACTURING LEAD TIME REQUIRED BY EACH ITEM.
4. THE REMAINING MANUFACTURING LEAD TIME REQUIRED BY EACH ITEM AT THE GIVEN TIME.

CRITICAL RATIO - DUE DATE

$$\text{RATIO} = \frac{\text{REQUIRED DATE} - \text{TODAY'S DATE}}{\text{REQUIRED DATE} - \text{OPERATION SCHEDULE DATE}}$$

TWO JOBS IN MACHINE CENTER

TODAY'S DATE = 105

SCHEDULE DATE

JOB A = 104

JOB B = 104

REQUIRED DATE

JOB A = 106

JOB B = 110

JOB A:

$$\text{RATIO} = \frac{106 - 105}{106 - 104} = 0.5$$

JOB B:

$$\text{RATIO} = \frac{110 - 105}{110 - 104} = 0.83$$

## FACTORES A TOMARSE EN CUENTA AL REPROGRAMAR

- . DONDE SE USA EL COMPONENTE
- . CUANTAS ORDENES DE ENSAMBLES SON AFECTADAS
- . CUALES SON LAS ORDENES AFECTADAS
- . COMO DEBEN REPROGRAMARSE LAS ORDENES AFECTADAS



## SISTEMA DE CONTROL

1. NORMA
2. TOLERANCIA
3. RETROALIMENTACION
4. ACCION

SESION 7

SALIDAS DEL SISTEMA MRP

## TECNICAS DEL MRP

1. PLANEACION POR PERIODOS DE TIEMPO
2. HORIZONTE DE PLANEACION
3. RELACION DE ORDENES A REQUERIMIENTOS
4. PUNTO DE ORDEN POR PERIODOS DE TIEMPO
5. LOTIFICACION
6. ORDEN PLANEADA FIRME

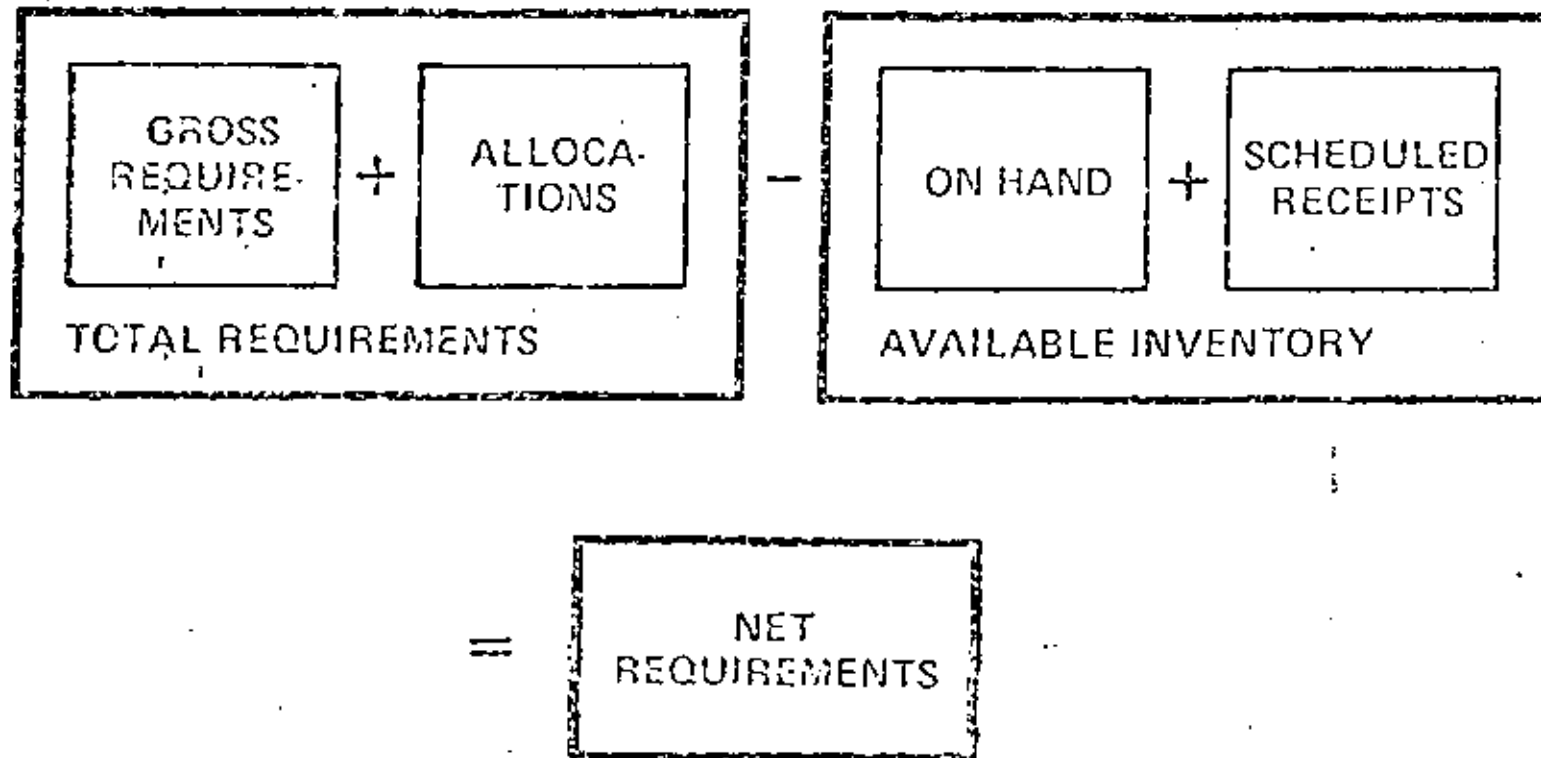


# MRP's Order Action Logic

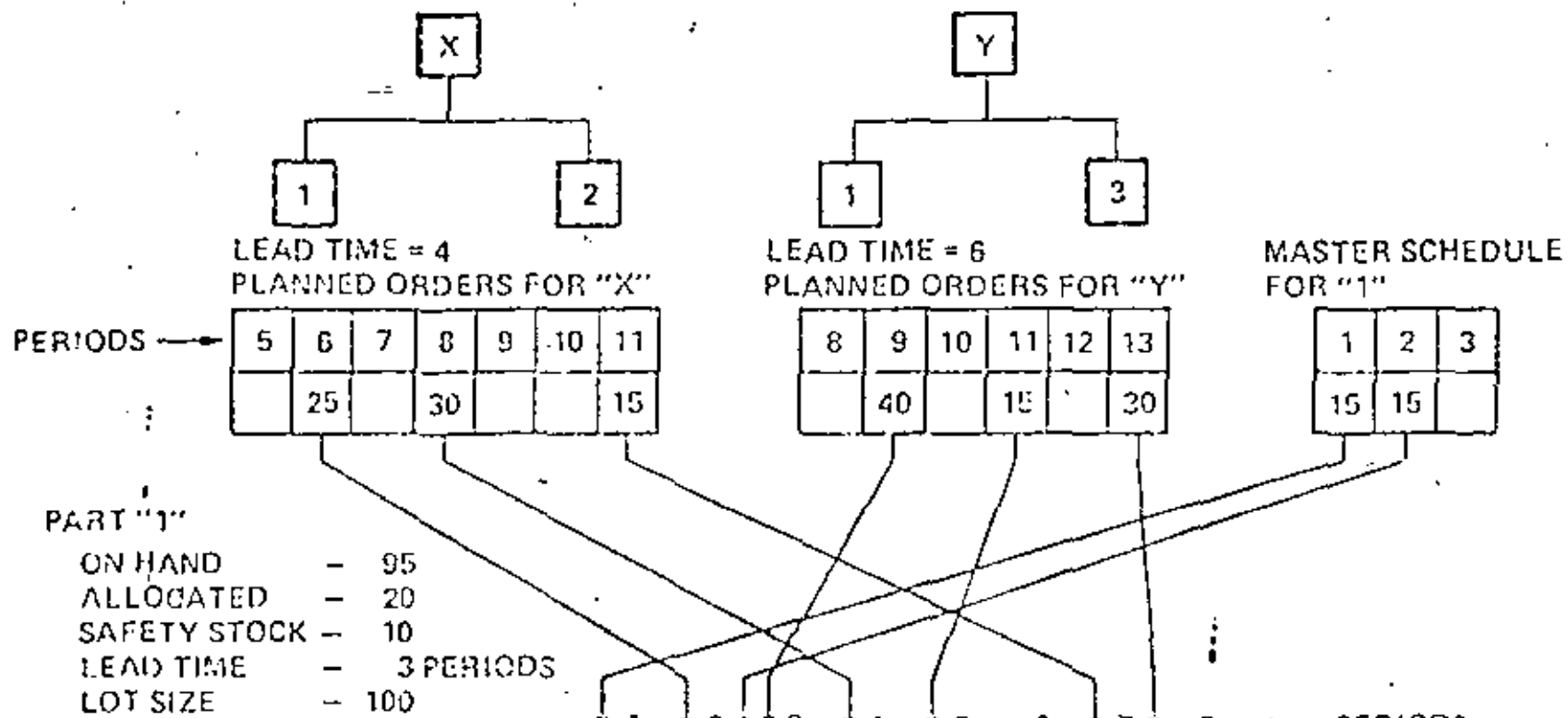
DETERMINE NET REQUIREMENTS BY:

ADDING	ALLOCATIONS
TO	GROSS REQUIREMENTS
MINUS	SCHEDULED RECEIPTS
MINUS	PROJECTED ON-HAND
EQUALS	NET REQUIREMENTS

# MRP Gross to Net Logic

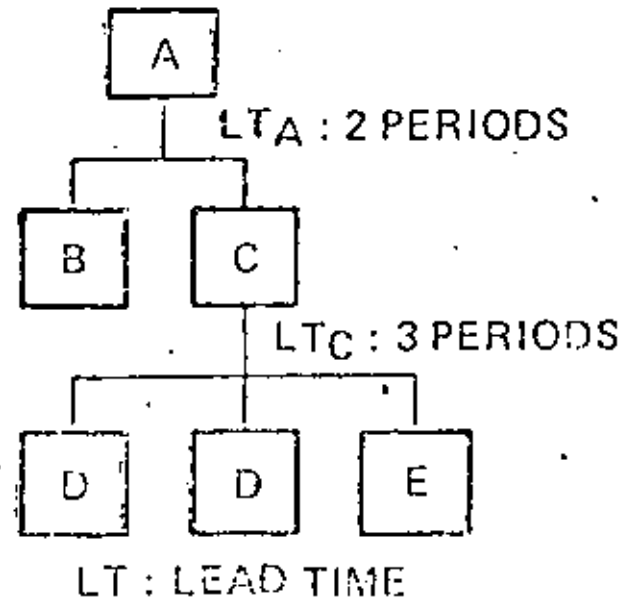
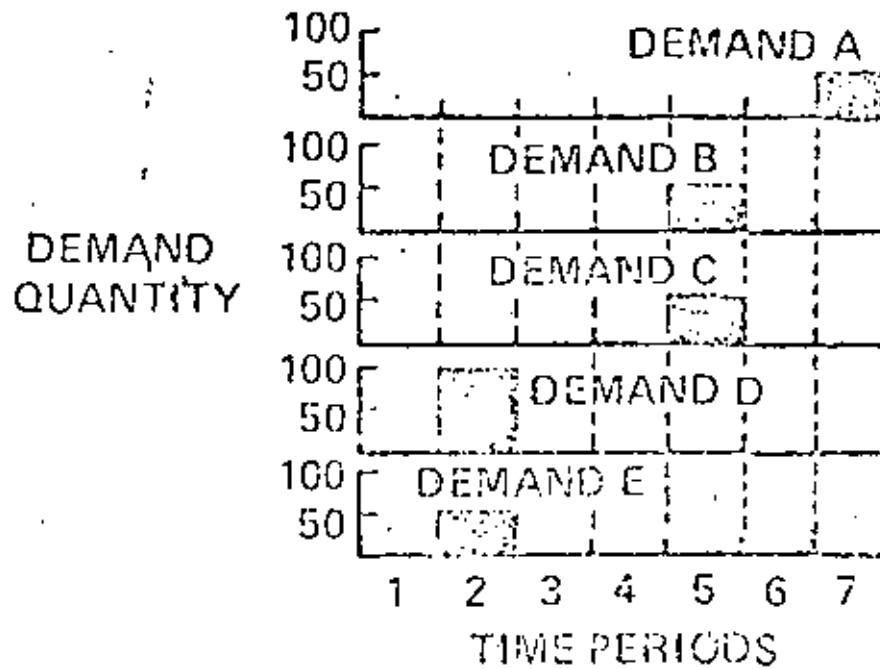


# The MRP Process



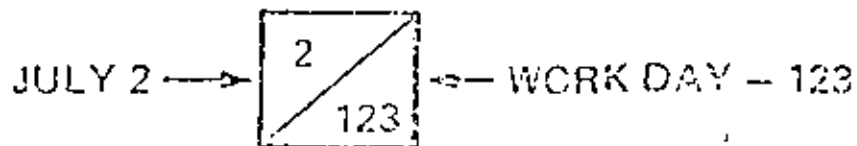
	1	2	3	4	5	6	7	8	← PERIODS
GROSS REQUIREMENTS	15	40	40	30	15		45		
SCHEDULED RECEIPTS			100						
PROJECTED ON HAND	60	20	80	50	35	35	(-10) 90	90	
NET REQUIREMENTS							20		
PLANNED ORDER RECEIPTS							100		
PLANNED ORDER RELEASES				100					

# Time Phased Material Requirements Planning



# Shop Planning Calendar

MONTH	WEEK	MON.	TUES.	WED.	THURS.	FRI.	SAT.	SUN.
JULY	27	2 123	3 124	4 125	5 126	6 127	7 128	8 129
	28	9 130	10 131	11 132	12 133	13 134	14 135	15 136
	29	16 137	17 138	18 139	19 140	20 141	21 142	22 143
	30	23 144	24 145	25 146	26 147	27 148	28 149	29 150
	31	30 151	31 152	1 153	2 154	3 155	4 156	5 157

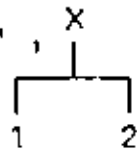


○ DEFINES NON-WORK DAYS

# Pegged Requirements

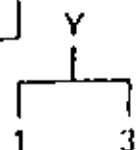
PART "X"  
LT = 1 WK

	PERIOD			
	27	28	29	30
GROSS REQ.		30	20	
SCHED. REC.		30		
PL. ORD. REC.			20	
PL. ORD. REL.		20		



PART "Y"  
LT = 1 WK

	PERIOD			
	27	28	29	30
GROSS REQ.		20	40	50
SCHED. REC.				
PL. ORD. REC.		20	40	50
PL. ORD. REL.	20	40	50	



PART "V"

	26	27	28	29	30
GROSS REQ.	10	50	60	50	

← PERIODS

PERIOD	TYPE	COMP. QTY.	PARENT/SOURCE	ORD. QTY.	DATE REQ.
28	GROSS REQ'MT	20	X PLANNED ORDER	20	7/11/79
28	GROSS REQ'MT	40	Y PLANNED ORDER	40	7/11/79

# Time Phased Order Point

ITEM "X"

LEAD TIME = 2

SAFETY STOCK = 10

PERIOD FRCST. = 12

LOT SIZE = 50

		PERIOD					
		1	2	3	4	5	6
FORECAST:		12	12	12	12	12	12
GROSS REQUIREMENTS		12	12	12	12	12	12
SCHEDULED RECEIPTS							
PROJ. ON HAND	50	38	26	14	2		
NET REQUIREMENTS					8		
PLANNED ORDER RECEIPTS					50		
PLANNED ORDER RELEASES			50				

LEAD TIME OFFSET

SAFETY STOCK REACHED  
 NET REQUIREMENT

## Firm Planned Order

ITEM B

LEAD TIME = 2 PERIODS

	PERIODS						
	26	27	28	29	30	31	32
GROSS REQUIREMENTS	30		50			40	
SCHEDULED RECEIPTS	30						
PLANNED ORDER RECEIPTS			50			40	
PLANNED ORDER RELEASES		50		40			

  
 TIME FENCE





# Time Series Display Techniques

## TIME-BUCKET

	WEEK				
	27	28	29	30	31
GROSS REQ'MTS.	50	20	100	0	10
SCHED. RECEIPTS			150		
PROJ. ON HAND 30	0	0	50	50	40

## DATE/QUANTITY

WK.	WORK DAY	TYPE	QTY.	PROJ. ON HAND
27	123			50
27	124	GROSS REQ'MT.	30	20
27	126	GROSS REQ'MT.	20	0
29	132	SCHED. RECEIPT	150	150
29	133	GROSS REQ'MT.	100	50
31	143	GROSS REQ'MT.	10	40

# REPORTE DE EXCEPCIONES

No. DE  
PARTE

CODIGO DE  
EXCEPCION

FECHA  
TALLER

CANTIDAD

2AF-28 C/L

03

6

2.000

No. DE  
PARTE

CODIGO DE  
EXCEPCION

FECHA  
TALLER

CANTIDAD

2AF-28 C/L

05

11

15.000

No. DE  
PARTE

CODIGO DE  
EXCEPCION

FECHA  
TALLER

CANTIDAD

2AF-28 C/L

06

16

20.000

No. DE  
PARTE

CODIGO DE  
EXCEPCION

FECHA  
TALLER

CANTIDAD

RED 2 C 1060

07

25

1.000.000

3AFOIO-09

07

5

750.000

No. DE  
PARTE

CODIGO DE  
EXCEPCION

FECHA  
TALLER

CANTIDAD

2AF-28 C/L

12

16

~~20.000~~

# EXCEPCIONES

REPORTE DE EXCEPCIONES DE LA PLANEACION DE REQUERIMIENTOS		17/09/74 PAG.
CODIGO DE EXCEPCION	EXPLICACION DEL CODIGO DE EXCEPCION	CONTEO DE EXCEPCION
03	EXISTE ORDEN EN ESTE PERIODO, PERO LOS REQUERIMIENTOS YA ESTAN CUBIERTOS POR EL INVENTARIO EN-ALMACEN	1
05	EXISTEN REQ. NETOS EN ESTE PERIODO, PERO HAY UNA ORDEN EN UN PERIODO FUTURO.	1
06	HAY UNA ORDEN ABIERTA PARA ESTE PERIODO, PERO NO EXISTEN REQUERIMIENTOS BRUTOS.	2
07	EL REQUERIMIENTO CAYO EN EL PASADO, POR LO QUE SE COLOCA EN EL PRIMER PERIODO.	14
09	LA ORDEN PLANEADA EXCEDE LA CANTIDAD MAXIMA AL SATISFACER LOS REQUERIMIENTOS DE LOS PERIODOS.	9
12	HAY UNA ORDEN EN ESTE PERIODO, PERO EXISTEN REQ. NETOS EN UN PERIODO ANTERIOR.	1

FIN DEL REPORTE

28 CONDICIONES DE EXCEPCION SURGIERON EN ESTA CORRIDA

# Planning Horizon Example

PERIOD

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
									ASSEMBLY	
									L. T. = 3	
							SUB ASSY.			
							L. T. = 2			
			FABRIC.							
			L. T. = 3							
PROCUREMENT										
L. T. = 5										

SESION 8

HACER QUE EL SISTEMA TRABAJE

LOGRAR QUE EL MRP TRABAJE

- . FIDELIDAD DE LOS REGISTROS DE INVENTARIO
- . CONTROL FISICO DE LOS INVENTARIOS
- . DIGITOS DE CONTROL
- . CONTEO CICLICO
- . PUNTOS PRINCIPALES PARA EL EXITO DE UN SISTEMA MRP
- . INVENTARIO DE SEGURIDAD
- . TIEMPOS DE ENTREGA DE SEGURIDAD
- . RESPONSABILIDADES DE LOS USUARIOS

## CONTROL FISICO DEL INVENTARIO

- . LOCALES TOTALMENTE CERRADOS
- . ACCESO AL ALMACEN UNICAMENTE DEL PERSONAL AUTORIZADO
- . ENTRADAS Y SALIDAS DEL MATERIAL CON SU DOCUMENTO
- . ASIGNAR RESPONSABILIDADES
- . PROPORCIONAR LAS HERRAMIENTAS ADECUADAS
- . MEDICION DE LA EXACTITUD DE LOS REGISTROS
- . ENCONTRAR LAS CAUSAS DE LOS ERRORES
- . CREAR UN CLIMA DE CONFIANZA
- . UN BANCO ES UN ALMACEN DE DINERO



## CONTEO CICLICO

### METODO:

- VERIFICAR UNOS CUANTOS ARTICULOS CADA DIA O SEMANA.

### VENTAJAS:

- FRECUENCIA DE VERIFICACION ESTA EN RELACION A LA FRECUENCIA DE USO DEL ARTICULO
- Poca gente dedicada pero ESPECIALIZADA
- LA VALIDEZ DE LOS REGISTROS SE REESTABLECE FRECUENTEMENTE

### MEDICION:

- EN PORCENTAJE DE ARTICULOS CON ERROR
- EN MAGNITUD

## PUNTOS PRINCIPALES EN EL EXITO DE UN

### SISTEMA MRP

- . PRONOSTICO VS LISTAS DE MATERIAL
- . PLAN MAESTRO DE PRODUCCION
- . ARCHIVOS PRINCIPALES: (PARTES, ESTRUCTURAS, ORDENES ABIERTAS Y PLAN MAESTRO)
- . INTEGRIDAD DE LA INFORMACION
- . CONTROL DE CAMBIOS DE INGENIERIA
- . INSTALACION DEL SISTEMA
- . SIMULACIONES
- . EDUCACION
- . CUANTIFICAR BENEFICIOS
- . RESPONSABILIDAD DEL USUARIO

SESION 10

IMPLANTACION DEL SISTEMA MRP

. JUSTIFICACION

. PLANEACION

. CONTROL

## PARTICIPACION DE LA GERENCIA

- . DEFINICION DE LOS REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.
- . SOPORTE TOTAL A LA FILOSOFIA Y POLITICAS DEL SISTEMA.
- . ASIGNACION DE RECURSOS.
- . CREACION DE UNA ORGANIZACION EFECTIVA PARA LA IMPLANTACION.
- . ADMINISTRACION DEL PROYECTO

PARTICIPACION EN LA DEFINICION,  
DESARROLLO E IMPLANTACION DEL SISTEMA

- DEFINIR LOS OBJETIVOS DEL SISTEMA  
(DETERMINACION QUIEN NECESITA QUE, CUANDO  
Y POR QUE)
- RECONOCER PROBLEMAS Y ESTABLECER LA PRIORIDAD  
CORRECTA A CADA PROYECTO.
- DISEÑAR EL SISTEMA PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS.
- IMPLANTACION DEL SISTEMA  
(CREACION DE ARCHIVOS, ENTRENAR PERSONAL, METODOS  
DE CONVERSION)
- MODIFICACIONES AL SISTEMA.

## JUSTIFICACION

PROPORCIONA SOLUCIONES A SUS PROBLEMAS

PERMITE OPERAR CON MAYORES UTILIDADES

## JUSTIFICACION

- ENFATIZAR BENEFICIOS EN CADA AREA DE APLICACION.
- REDUCIR INVENTARIOS.
- PROPORCIONAR MEJOR SERVICIO A CLIENTES.
- REDUCIR INVENTARIO EN PROCESO Y TIEMPOS DE MANUFACTURA.
- AUMENTAR EFICIENCIA EN PRODUCCION
- MEJOR UTILIZACION DE RECURSOS



## BENEFICIOS

- . REDUCCION DE INVENTARIOS DE PRODUCTO TERMINADO, COMPONENTES, MATERIA.PRIMA.
- . MEJOR SERVICIO A CLIENTES
  - . MENOS ORDENES ATRASADAS
  - . MEJORES FECHAS DE ENTREGA
  - . TIEMPOS DE ENTREGA MAS CORTOS
- . MEJOR USO DE LOS RECURSOS DE PRODUCCION
- . REDUCCION DEL INVENTARIO EN PROCESO
- . MAYOR PRODUCTIVIDAD EN LAS ACTIVIDADES DE PRODUCCION.
- . MEJOR UTILIZACION DE SERVICIOS DE SOPORTE
- . MENOR MANEJO DE DATOS
- . PLANES MAS REALES
- . REDUCCION DE FALTANTES DE MATERIAL

- . COSTOS MAS PRECISOS Y DETERMINACION DE LAS CAUSAS DE INCREMENTO
- . MENOR PERDIDA DE TIEMPO EN JUNTAS DE PRODUCCION
- . REDUCCION EN LOS COSTOS DE MATERIAL COMPRADO
- . ELIMINACION DE DATOS REDUNDANTES
- . MEJOR UTILIZACION DEL TIEMPO DE LA GERENCIA
- . MEJORES DECISIONES BASADAS EN INFORMACION RECIENTE, MEJORES PRONOSTICOS Y VARIAS ALTERNATIVAS DE PLANES

## ORGANIZACION PARA LA IMPLANTACION DEL SISTEMA

- . SERVICIOS DE COMPUTACION
  - . LINEAS Y TERMINALES
  - . ADMINISTRACION DE LA BASE DE DATOS
  - . UTILIZACION DEL COMPUTADOR
  - . SOPORTE DE PROGRAMACION
  
- . IMPLANTACION DEL PROYECTO
  - . GERENTE DEL PROYECTO
  - . GRUPO DE SISTEMAS, PROGRAMACION Y AREAS DE APLICACION

## ADMINISTRACION DEL PROYECTO

DIVIDIR EL ESFUERZO DE IMPLANTACION EN TAREAS IDENTIFICABLES

REVISAR PERIODICAMENTE EL AVANCE

## CONTROL DEL PROYECTO

CREACION DE UN PLAN EFICIENTE Y FACTIBLE

REVISAR EL PROGRESO Y CAMBIAR EL PLAN CUANDO SEA NECESARIO

## PLANEACION

- CREACION DE UNA RED DE ACTIVIDADES REQUIERE UN ANALISIS DETALLADO DEL PROYECTO, RESULTANDO UN MEJOR PLAN
- SE IDENTIFICAN LAS AREAS CRITICAS DEL PROYECTO
- MEJORANDO LA SECUENCIA Y ORGANIZACION DE LAS ACTIVIDADES, SE OBTIENE UN PLAN FACTIBLE
- CONCENTRACION DE LA GERENCIA EN AREAS CRITICAS

## CONTROL

- ELIMINAR ACTIVIDADES CUANDO SE TERMINAN
- REVISION DE LOS ESTIMADOS DE LAS ACTIVIDADES POR REALIZAR
- CAMBIOS EN LAS FECHAS PUEDEN RELACIONARSE CON LAS ACTIVIDADES CRITICAS
- IDENTIFICACION DE LOS RESPONSABLES

## REQUERIMIENTOS DE EDUCACION

### GERENCIA

- . OBJETIVOS MAS AMBICIOSOS
- . PLANES MAS REALES

### EMPLEADO

- . BENEFICIOS DEL SISTEMA
- . MENOS INTERRUPCIONES DE LOS EXPEDITADORES
- . MENOS TIEMPO OCIOSO DEL PERSONAL
- . MEJOR PLANEACION DE TIEMPO EXTRA
- . MENOS TIEMPO DE ESPERA POR HERRAMIENTAS, MATERIALES, ETC.
- . MENOS PAPELEO PARA EL SUPERVISOR
- . MENOR TIEMPO PARA SEGUIMIENTO DE MATERIAL
- . MENOR TIEMPO EN JUNTAS DE PRODUCCION

### PERSONAL DE LA FABRICA

- . EXPLICACION DEL SISTEMA EN DETALLE
- . TIPO DE TRANSACCIONES, ETC.
- . SIMULACION DEL SISTEMA REAL

## REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DEL SISTEMA

- . ARCHIVOS DE ACCION ....
- . ADMINISTRACION POR EXCEPCION (STDS)
- . DISEÑO ORIENTADO A LA GERENCIA
- . VALIDACION Y CONTROL
- . INTEGRIDAD DE LA BASE DE DATOS

## CONSIDERACIONES DE CONVERSION

POR DONDE EMPEZAR?

HASTA DONDE INSTALAR?

IMPLANTACION EFECTIVA

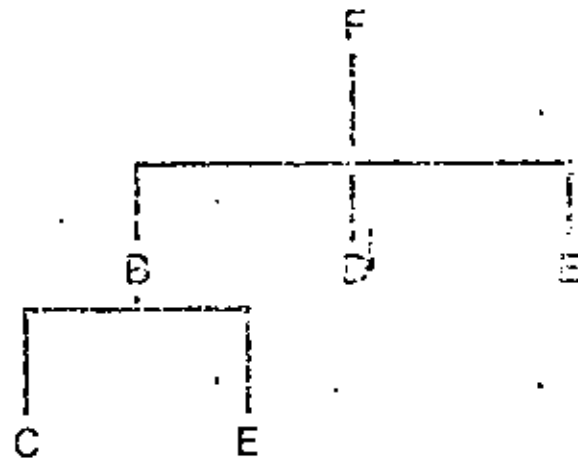
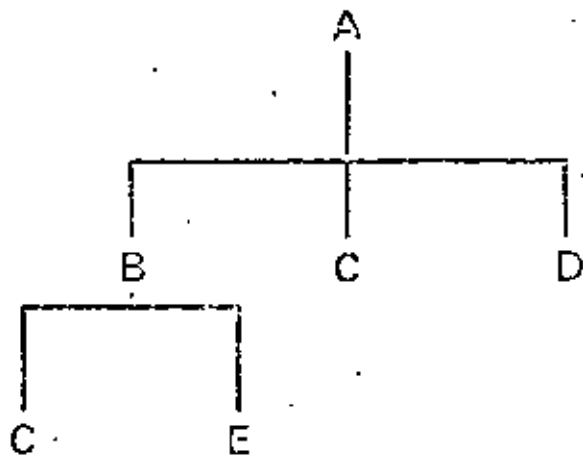
ORGANIZACION ADECUADA

ADMINISTRACION DEL PROYECTO EFECTIVA

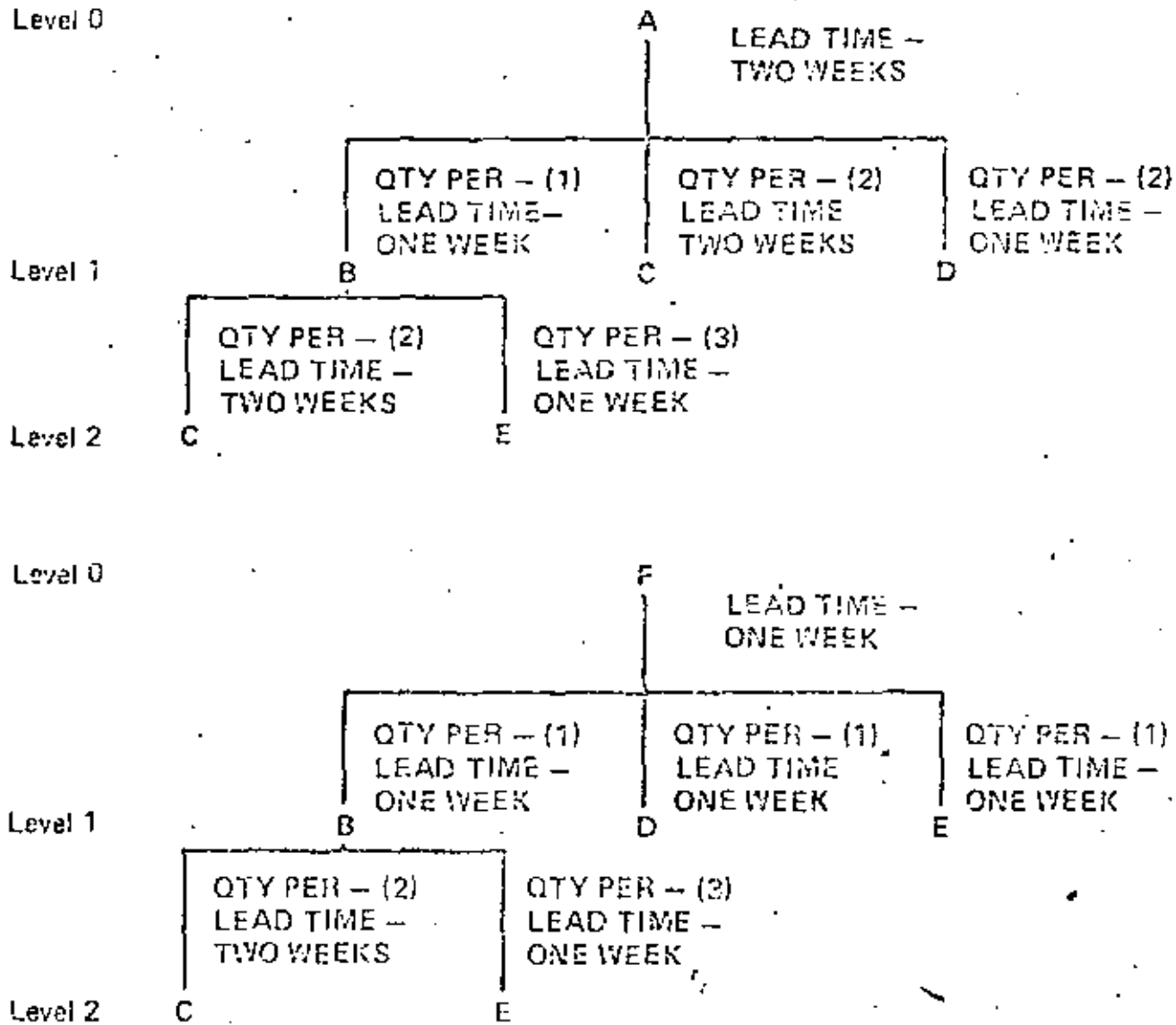
SUFICIENTES RECURSOS PARA ALCANZAR LOS  
OBJETIVOS



## Product Tree 'A' & 'F'



# Product Definition Data



# Independent Demand Requirements

## ITEM A

10 UNITS — PERIOD 4  
100 UNITS — PERIOD 6  
10 UNITS — PERIOD 8  
(MASTER PRODUCTION SCHEDULE)

## ITEM F

20 UNITS — PERIOD 5  
20 UNITS — PERIOD 6  
10 UNITS — PERIOD 8  
(MASTER PRODUCTION SCHEDULE)

## ITEM C

10 UNITS — PERIODS 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8  
(FORECAST SPARES REQUIREMENT)

## Stock Status

ITEM A    LOW LEVEL CODE - 0    LEAD TIME - 2 WEEKS  
ORDER POLICY - DISCRETE (LOT FOR LOT)  
ON HAND = 0    SAFETY STOCK = 0    ALLOCATED = 0    ON ORDER = 0

ITEM F    LOW LEVEL CODE - 0    LEAD TIME - 1 WEEK  
ORDER POLICY - DISCRETE (LOT FOR LOT)  
ON HAND = 0    SAFETY STOCK = 0    ALLOCATED = 0    ON ORDER = 0

ITEM B    LOW LEVEL CODE - 1    LEAD TIME - 1 WEEK  
ORDER POLICY - DISCRETE (LOT FOR LOT)  
ON HAND = 100    SAFETY STOCK = 0    ALLOCATED = 0    ON ORDER = 0

ITEM D    LOW LEVEL CODE - 1    LEAD TIME - 1 WEEK  
ORDER POLICY - LOT SIZE = 100  
ON HAND = 170    SAFETY STOCK = 0    ALLOCATED = 120    ON ORDER = 100  
(DUE IN FIRST WEEK)

ITEM C    LOW LEVEL CODE - 2    LEAD TIME - 2 WEEKS  
ORDER POLICY - LOT SIZE = 150  
ON HAND = 120    SAFETY STOCK = 15    ALLOCATED = 0    ON ORDER = 0

ITEM E    LOW LEVEL CODE - 2    LEAD TIME - 1 WEEK  
ORDER POLICY - LOT SIZE = 140  
ON HAND = 120    SAFETY STOCK = 0    ALLOCATED = 0    ON ORDER = 0

# MRP Planning Sheet

Lot Size	Lot Size	On Hand	Safety Stock	Allocated	Low Level Code	Item Number	Period								
							1	2	3	4	5	6	7	8	
							Gross Requirements								
							Scheduled Receipts								
							Projected On Hand								
							Net Requirements								
							Planned Order Receipts								
							Planned Order Releases								
							Gross Requirements								
							Scheduled Receipts								
							Projected On Hand								
							Net Requirements								
							Planned Order Receipts								
							Planned Order Releases								
							Gross Requirements								
							Scheduled Receipts								
							Projected On Hand								
							Net Requirements								
							Planned Order Receipts								
							Planned Order Releases								
							Gross Requirements								
							Scheduled Receipts								
							Projected On Hand								
							Net Requirements								
							Planned Order Receipts								
							Planned Order Releases								
							Gross Requirements								
							Scheduled Receipts								
							Projected On Hand								
							Net Requirements								
							Planned Order Receipts								
							Planned Order Releases								

